

Řízení platformy parkovacího robota

Parking Robot Platform Control

Bc. Ivo Pergl

Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Slanina Ph.D.

Ostrava, 2021

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá zprovozněním a kompletací platformy parkovacího robota. Nejdříve byl zhodnocen aktuální stav platformy. Následně byly zprovozněny a nakonfigurovány komponenty jako jsou kola, měniče, hydraulika, lidary, přibližovací senzory, PLC a senzory magnetické pásky. Dále byl navržen řídicí a navigační program pro ovládání samotné platformy. V poslední části práce byly odzkoušeny komunikační protokoly a komunikace s nadřazeným systémem řízení.

Klíčová slova

Parkovací robot, Řízení, Automatizovaný parkovací systém, AGV, Hydraulika

Abstract

This diploma thesis deals with the commissioning and complete platform of a parking robot. First, the current state of the platform was evaluated. Subsequently, components such as wheels, converters, hydraulics, lidars, proximity sensors, PLC and magnetic tape sensors were put into operation and configured. Furthermore, a control and navigation program was designed to control the created platform. In the last part of the work, communication protocols and communication with the superior control system were tested.

Keywords

Parking robot, Control, Automated parking system , AGV, Hydraulics

Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval všem, kteří mi s prací pomohli, protože bez nich by tato práce nevznikla. Hlavně tedy mému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Zdeňku Slaninovi Ph.D. a panu Ing. Jakubu Němčíkovi, Ing. Filipu Krupovi a Ing. Tomáši Dočekalovi za podporu a pomoc.

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk	6
Seznam obrázků	7
Seznam tabulek	9
1 Úvod	10
2 Analýza současného stavu	11
2.1 Typy parkovacích systémů	11
2.2 Specifikace garáže a palety	13
3 Popis platformy	15
3.1 Zapojení napájení	15
3.2 Zapojení sensoriky a řízení	16
3.3 Pohonná část	18
3.4 Sensorická část	22
3.5 Hydraulická část	25
3.6 Řídicí část	27
3.7 Napájecí část	29
4 Popis konfigurace hardwaru	30
4.1 Měniče SBL2360 & GBL2660	30
4.2 Lidar	31
4.3 Senzor magnetické pásky	34
4.4 PLC x90	35
5 Navigační a řídicí program platformy	37
5.1 Základní program	37
5.2 Funkce Pohyb	38
5.3 Funkce Udržuj se na čáře	40

5.4	Funkce Srovnání na paletu	41
6	Diagnostika	42
6.1	Diagnostika měničů	42
6.2	Diagnostika lidarů	42
6.3	Diagnostika platformy	43
6.4	Provádění a vyhodnocování diagnostiky	43
6.5	Vzorová situace funkce diagnostiky	46
7	Komunikace a komunikační protokoly	47
7.1	CANopen	47
7.2	Základní komunikace s CANopen	48
7.3	Důležitá nastavení	48
7.4	Zigbee	48
7.5	Princip komunikace s nadřazeným řídicím systémem	51
7.6	Seznam zpráv pro komunikaci přes zigbee	52
8	Závěr	59
	Literatura	61
	Přílohy	62
A	Fotodokumentace	63

Seznam použitých zkratek a symbolů

W	– Watt
V	– Volt
Rpm	– Revolutions per minute Otáčky za minutu
A	– Amper
Nm	– Newton metr
I	– Převodový poměr
PMSM	– Permanent Magnet Synchronous Motor Synchronní motor s permanentními magnety
MGS	– Magnetic Grid Sensor Senzor magnetické mřížky
Hall	– Hallova sonda
CAN	– Controller Area Network
PAN	– Personal Area Network
PC	– Personal Computer
I/O	– Inputs/Outputs Vstupy/Výstupy
PLC	– Programmable Logic Controller Programovatelný logický automat
2D	– Dvou-Dimenzionální, Dvourozměrný
PWM	– Pulzně šířková modulace
USB	– Universal Serial Bus
LED	– Light-Emitting Diode Elektroluminiscenční dioda
DC	– Direct Current Stejnoseměrný proud
API	– Application Programming Interface

Seznam obrázků

2.1	Páternoster systém [2]	11
2.2	Systém zakladače [3]	12
2.3	AGV automated parking system	12
2.4	Model provedení běžného patra garáže	13
2.5	Návrh garáže pro projekt	13
2.6	Návrh palety pro projekt	14
3.1	Model umístění komponent a propojení napájení (48V vlevo a 24V vpravo)	17
3.2	Model umístění komponent a propojení signálů	18
3.3	Horizontal motor in wheel PLT-250-HS [7]	20
3.4	Měnič SBL2360 [8]	21
3.5	Měnič GBL2660 [9]	22
3.6	Dvoukanálové zapojení GBL2660 [9]	22
3.7	Sekvence hallových sond [9]	23
3.8	Lidar TIM781 [10]	23
3.9	Senzor magnetické pásky MGS1600GY [11]	24
3.10	Přibližovací senzor OMT600-R200 [12]	25
3.11	Indukční senzor NXN3-8GM30 [13]	26
3.12	Indukční senzor NCN8-12GM35-Z5 [14]	26
3.13	Tenzometr Bruster 8526 [15]	26
4.1	Stav motoru před zasláním příkazu pro změnu pozice	31
4.2	Stav motoru po zaslání příkazu pro změnu pozice	32
4.3	Zobrazení lidarů přidaného do projektu v programu SOPAS	33
4.4	Zobrazení nastavení bodů jednotlivých polí	33
4.5	Zobrazení pohledu lidarů	34
4.6	Zobrazení pohledu senzoru magnetické pásky	35
4.7	HW konfigurace PLC X90	36

5.1	UML diagram základního Programu	38
5.2	UML diagram funkce Pohyb	39
5.3	UML diagram funkce Udržuj se na čáře	40
5.4	UML diagram funkce Srovnání na paletu	41
6.1	UML diagram funkce Kontrola	44
6.2	UML diagram diagnostiky platformy	45
7.1	Ukázka zapojení HW konfigurace	48
A.1	Začátek kompletování konstrukce	63
A.2	Přidání žlabu pro vedení kabelů	64
A.3	Pohled na vnitřní část sekcí s měniči	65
A.4	Pohled na vnitřní část sekcí hydraulikou	65
A.5	Pohled na kompletaci kabelového zapojení	65
A.6	Pohled na finální podobu konstrukce bez odkrývatelných částí	66

Seznam tabulek

2.1	Parametry motoru pro otáčení	14
3.1	Parametry motoru pro otáčení [6]	19
3.2	Parametry hnacího motoru [6]	19

Kapitola 1

Úvod

Tato diplomová práce se zabývá zprovozněním platformy pro parkovací systémy. Tato platforma je navržena pro univerzálnější využití, nejen pro parkování automobilů, ale lze ji využít i pro skladovací prostory, kdy je potřeba převézt více palet s materiálem. Rovněž je možné platformu využít pro stávající řešení parkovacích domů, pouze s úpravou nájezdové výšky na paletu. Je zde možnost platformu taky přizpůsobit na již postavený parkovací dům. Tato problematika se ve světě již řeší nějakou dobu. Nedostatek volného prostoru se snaží řešit právě parkovací systémy. Toto téma se řeší ve velkoměstech a metropolích jako je například Singapur. Úkolem parkovacích domů je co nejmenší zabraná plocha a zároveň co největší počet zaparkovaných a vypakovaných aut v krátkém čase.

Touto diplomovou prací rozvíjím svou bakalářskou práci do reálného měřítka. Práce je součástí většího projektu, který se zabývá řešením parkovacích domů a vývojem parkovacích systémů.

Úkolem této diplomové práce je sestavení dílčích částí do konstrukce platformy. Zprovoznění jednotlivých komponentů jako jsou například kola s motory, hydraulický systém, měniče k motorům, lidary, přibližovací senzory. Součástí práce je také naprogramování platformy pro základní navigaci a řízení. Platforma bude přijímat příkazy z nadřazeného řídicího systému, který s platformou komunikuje za pomoci bezdrátové technologie Zigbee.

Kapitola 2

Analýza současného stavu

Tato kapitola se věnuje typům parkovacích systémů. Dále obsahuje technické specifikace garáže a palety v rámci projektu.

2.1 Typy parkovacích systémů

V dnešní době je rozmach parkovacích domů obrovský. Do vývoje parkovacích systémů se vkládá velké množství financí. Hlavním úkolem je na co nejmenším místě zaparkovat co nejvíce aut. Parkovací domy si prošly svým vývojem a nejsou nic převratně nového. Každý parkovací dům má několik úkolů: dostat řidiče s autem, efektivně uložit dané auto a posléze auto vypakovat v co nejkratším čase. V dnešní době se můžeme setkat se 3 typy parkovacích systémů. [1]

Jako jeden z prvních parkovacích systémů byl páternoster systém. Výhodou páternoster systému (Obrázek 2.1) je, že na ploše 3 parkovacích míst je možno zaparkovat desítky aut. Je to jeden z nejjednodušších systémů.



Obrázek 2.1: Páternoster systém [2]

Dalším typ jsou systémy browser/pigeon hole nebo jednoduše zakladač. Tyto systémy mají společný princip. Jedna platforma obsluhuje celou garáž a zakládá auta do přiděleného parkovacího místa. Viz obrázek 2.2. Tyto systémy jsou dnes nejpoužívanější. Jejich hlavním problémem je neefektivní využití místa.



Obrázek 2.2: Systém zakladače [3]

Posledním typem je paletový zakladač. Odborně nazýván AGV automated parking system. (Obrázek 2.3) AGV systém pracuje na podobném principu jako předchozí typ systému. Auto je zaparkováno na paletu a následně pomocí platformy převezeno na parkovací místo. Může být také předáno do výtahu pro zaparkování ve vyšších patrech. Tento systém je momentálně nejvíce preferovaný hlavně z důvodu možnosti mnoha doplňkových služeb. Systém je výhodný i protože dokáže být přizpůsoben pro již postavený parkovací dům.



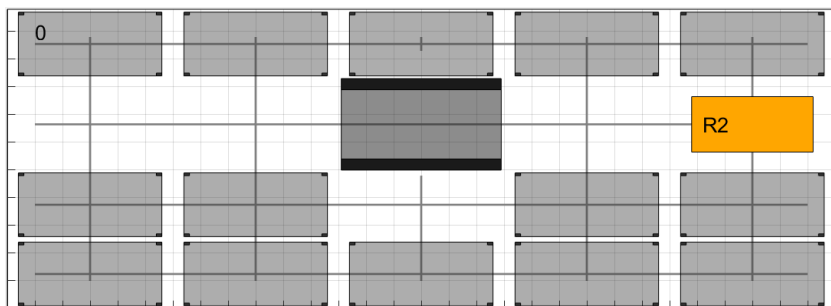
Obrázek 2.3: AGV automated parking system

2.2 Specifikace garáže a palety

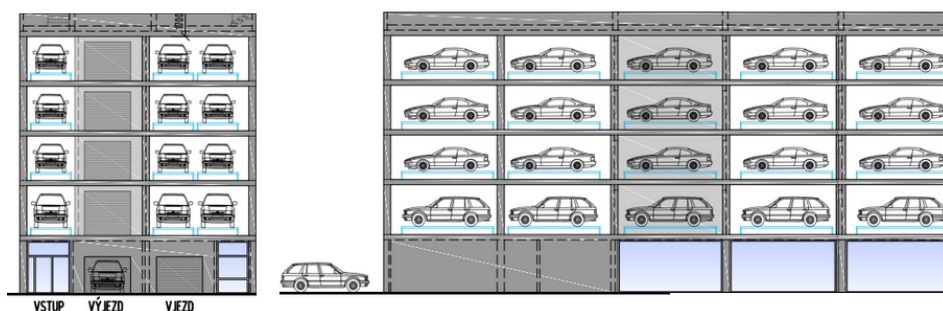
V projektu při zpracování požadavků interakce mezi stavební a senzorickou soustavou se vycházelo z návrhu budovy automatizovaného parkovacího systému (APS). Tento návrh budovy vycházel z návrhu běžného patra žádané budovy APS. Také byly využity praktické zkušenosti firmy KOMA při stavbě a provozování parkovacích domů (např. hustota parkovacích míst, počet parkovacích míst na jeden výtah atd.). [4]

Návrh běžného patra můžete vidět na obrázku 2.4. Na obrázku je zobrazena také podoba jednotlivých křížení a zakončení. Návrh celého garážového domu lze vidět na obrázku 2.5

Výtahový systém je kritickým místem celého řízení parkovacího systému. Mezi požadované parametry patří zejména jeho rychlost ta byla požadována 1m/s. Současní dodavatelé těchto technologií ovšem namítají, že tato rychlost se pro neosobní výtahy nepoužívá a doporučují využít konvenčních řešení s rychlostí 0.5 m/s. To znamená, že výtah je jakýmsi zúženým hrdlem celého systému. Alespoň dle předpokladů, které vyplynuly ze simulace realizované v první části projektu.



Obrázek 2.4: Model provedení běžného patra garáže

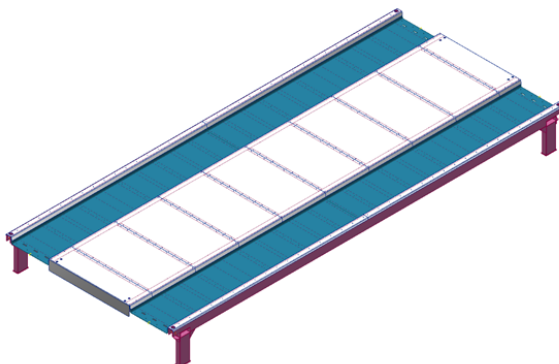


Obrázek 2.5: Návrh garáže pro projekt

Paleta sloužící pro přesun aut po garáži má své parametry popsány v tabulce 2.1. Paleta dále disponuje systémem sběru a odvodu vody a nabíjecím konektorem. Navrženou paletu lze vidět na obrázku 2.6.

Délka a šířka palety jsou dány rozměry parkovacího pole. Kryjí se s místem v parkovacím domě tak, ať je mezi paletami manipulační prostor, který odpovídá chybě lokalizace a rozměrům platformy. Tyto rozměry jsou předpokládány s dostatečnou rezervou. Podjízdná výška je zajímavý údaj, neboť je předpoklad, využití jiných pohonů v budoucím čase. Jedná se například o všesměrové řešení, které již bylo diskutováno. V kombinaci s maximálním zatížením však všesměrové pohony vykazují větší výšku, čili prozatím není možné zaměnit pohony 1:1.

Průhyb při zatížení byl vypočten a řešiteli ustanoven jako extrém při plném zatížení palety. Jako přídatné zařízení bylo implementováno zařízení na odvod kapalin v patkách palety, které se aktivují (otevřou) na příjezdovém či odjezdovém místě parkovacího domu. Rovněž se předpokládá vážení vozidla, neboť při překročení váhy musí být vozidlo vyvezeno řidičem z přijímacího prostoru. [5]



Obrázek 2.6: Návrh palety pro projekt

Parametry palety		
Hmotnost palety	630	kg
Hmotnost vozu	3000	kg
Délka palety	5200	mm
Šířka palety	2300	mm
Podjízdná výška	350	mm
Průhyb při zatížení	8	mm

Tabulka 2.1: Parametry motoru pro otáčení

Kapitola 3

Popis platformy

Tato kapitola se věnuje popisu platformy pro zvedání palet s auty. Platformu můžeme rozdělit na několik dílčích částí - pohonnou, senzorickou, hydraulickou, řídicí a napájecí část. Popis zapojení komponent platformy je dělen rovněž na dvě části - napájecí část a zapojení senzoriky a řízení.

3.1 Zapojení napájení

První část zapojení je napájení. To je děleno na dvě části a to 48V a 24V. (Obrázek 3.1). Část tohoto zapojení je složitá, jelikož se dotvářela až při kompletování konstrukce. Složitost této části se odvíjí od využití typizovaných komponent, které byly určeny projektem. Součástí bylo i vytvořit i části na které se při původním návrhu projektu zapomnělo. Například soft-startér.

Vlevo na obrázku 3.1 je vyobrazen přívod z baterie, který je veden přes soft-startér. Soft-startér byl přidán na základě výsledku prvního testování napájení. Při tomto testování bylo zjištěno, že proudový ráz, který způsobí měniče, je destruktivní pro baterii. Proudový ráz byl vyřešen pomocí soft-startu, který má 3 polohy - vypnuto, start s odporem, provoz. Tímto je zajištěn delší čas pro dobítí kondenzátorů z baterie čímž se zabrání nadlimitně velkému proudovému rázu. Na 48V jsou napojeny pouze měniče. Výjimkou je nabíjení, které je odděleno a napojeno přímo na baterii. Zbylé komponenty v platformě jsou napojeny na 24V.

Pro vedení napájení 48V z baterie je zvolen slaněný vodič o průměru 6mm, který veden vždy 3x na každou polaritu. Množství vodičů je zvoleno tak aby dokázalo rozložit velké proudové špičky. Zbytek napájení 48V od soft-startéru k měničům je vedeno pouze jedním slaněným vodičem o průměru 6mm. Obrázek 3.1 nalevo ukazuje zapojení veškerého 48V napájení, které je pro orientaci barevně rozděleno. Černá barva v obrázku 3.1 reprezentuje napájení z baterie do soft-startu. Všechny vodiče od soft-startu jsou znázorněny modrou barvou. Fialová barva odpovídá nabíjecímu vodiči.

Vpravo na obrázku 3.1 je zobrazeno napájení 24V, kdy vodiče mají průměr 1,5mm. Napájení je opět děleno do několika částí. První částí je napájení senzoriky, které je na obrázku znázorněno červenou barvou. Odděleně je zde napájení samotného PLC, které je zobrazeno modrou barvou.

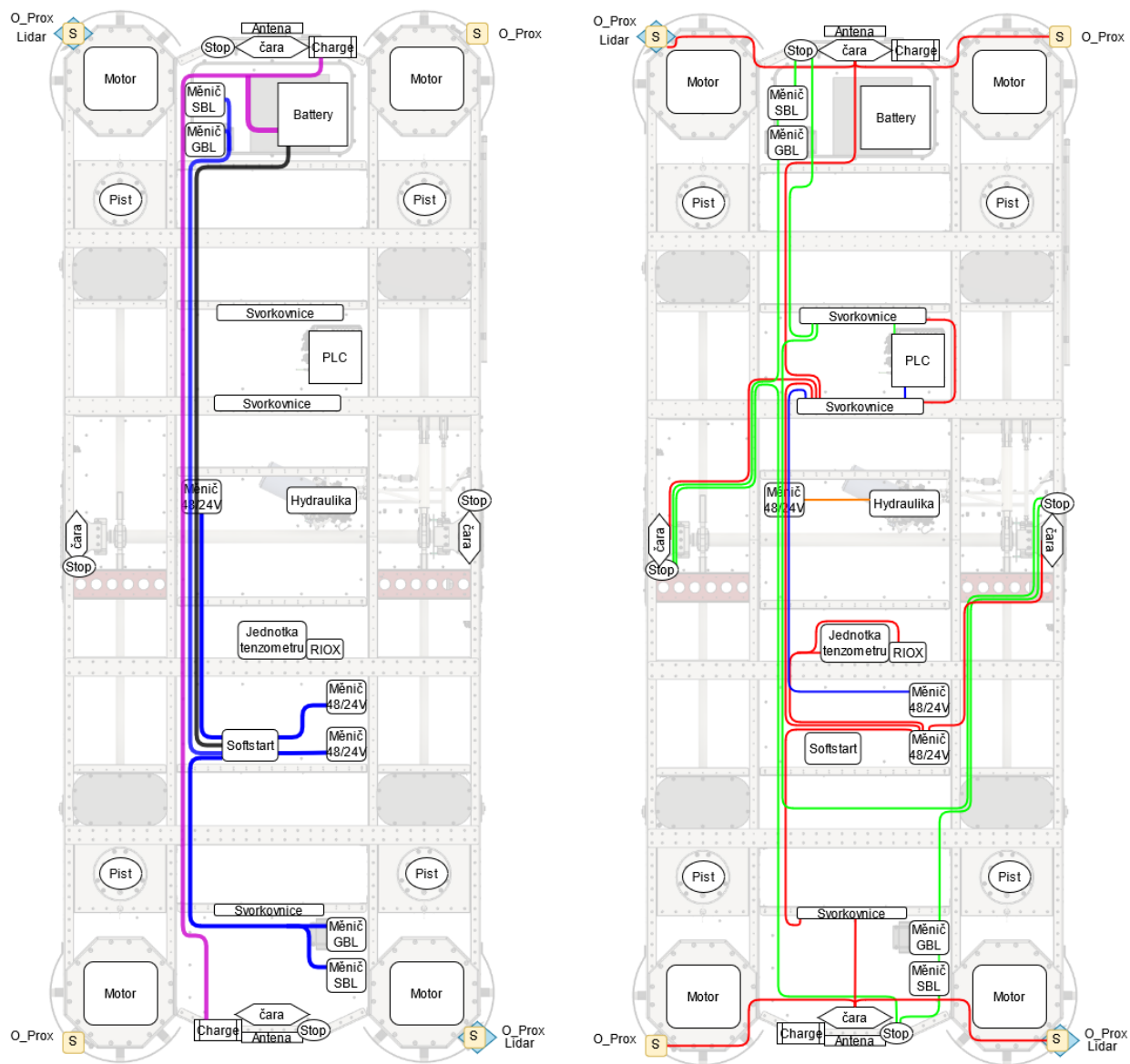
Růžovou barvou je zobrazeno napájení hydrauliky. Toto napájení je zvláštní oproti zbytku vodičů pro 24V, jelikož je vedeno vodiči o průměru 10 mm a to z důvodu vysokých proudů, které jsou potřeba pro hydraulický kompresor. Očekávaná hodnota v proudové špičce je 60A. Zelená barva reprezentuje zapojení Stop tlačítek.

Díky hydraulice jsou všechny kabely vedeny jedním žlabem.

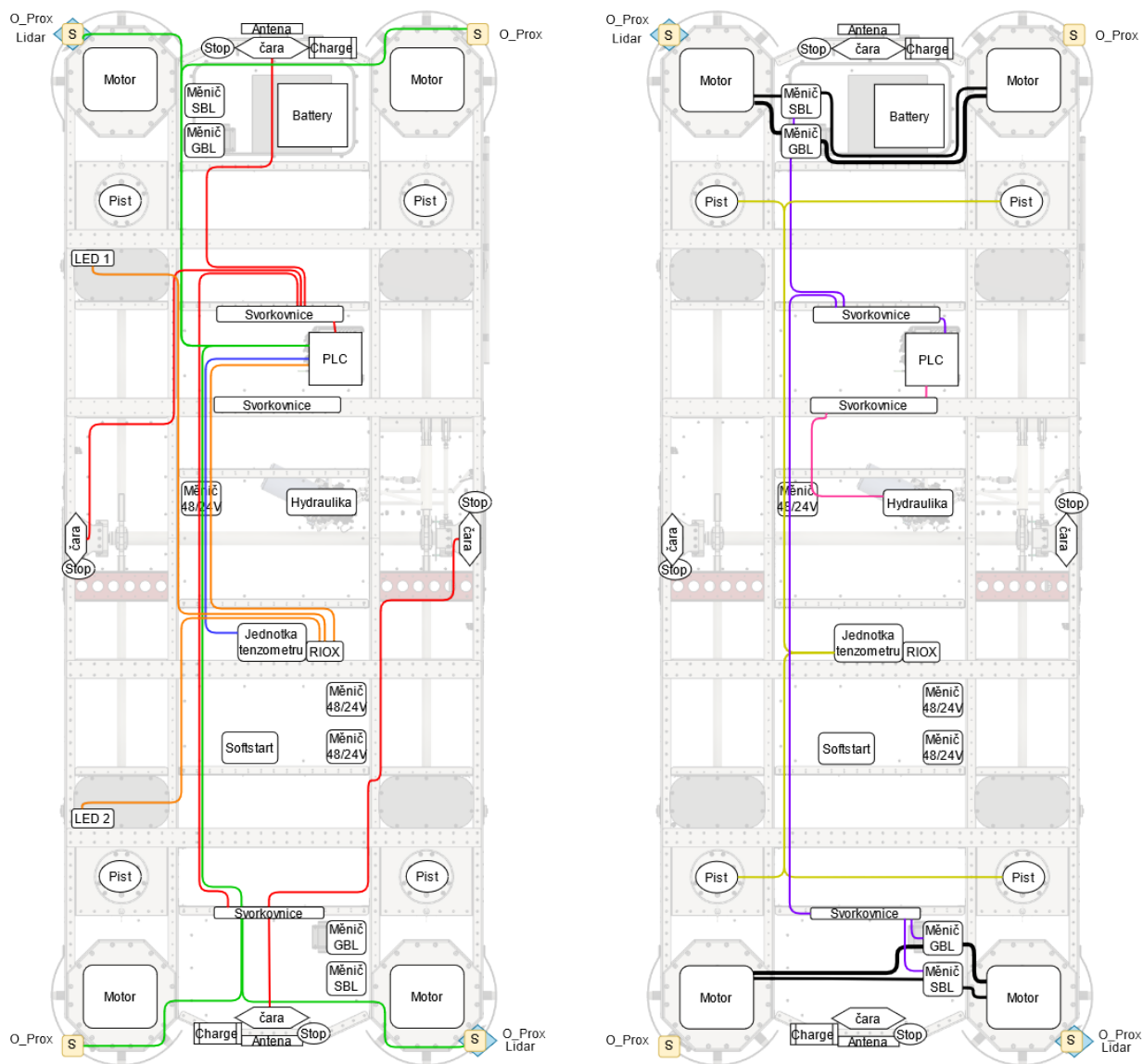
3.2 Zapojení senzoriky a řízení

Zapojení senzoriky a řízení je zjednodušeně reprezentováno na obrázku 3.2. Zjednodušené je právě proto, že PLC má rozšiřující moduly, které jsou prodlouženy do určitých sekcí. Obrázek 3.2 je rozdělen na dvě části. První částí je zapojení senzorů a akčních členů. Červenou barvou je znázorněno zapojení senzorů magnetické pásky. Ty se nachází z obou stran platformy jak vrchní straně platformy tak na spodní straně platformy. Oranžovou barvou je reprezentováno zapojení led pásků a jednotky určené k jejich ovládání. Zelenou barvou jsou zapojeny přibližovací senzory a to konkrétně lidar a optický přibližovací senzor. Jednotka pro tenzometry je připojená pomocí modré barvy.

V pravé části obrázku 3.2 je znázorněno vedení vodičů pro motory a hydrauliku. Pod černou barvou se skrývá vedení senzorů motoru pro krajní polohy, vedení hallový sondy a v poslední řadě také jednotlivé fáze motorů. Fialovou barvou na obrázku je znázorněno propojení měniče a PLC. Hydraulika se skládá z několika částí. Zapojení relé od hydrauliky je vyobrazeno růžovou barvou. Okrová barva reprezentuje připojení tenzometrů a krajních poloh hydrauliky (indukční snímače pro polohu vysunuto a zasunuto).



Obrázek 3.1: Model umístění komponent a propojení napájení (48V vlevo a 24V vpravo)



Obrázek 3.2: Model umístění komponent a propojení signálů

3.3 Pohonná část

Tato část práce se zabývá hlavním hnacím ustrojím platformy. Je zde popsáno jak vypadají a pracují motory a dále je uveden popis jednotlivých měničů.

3.3.1 Kola

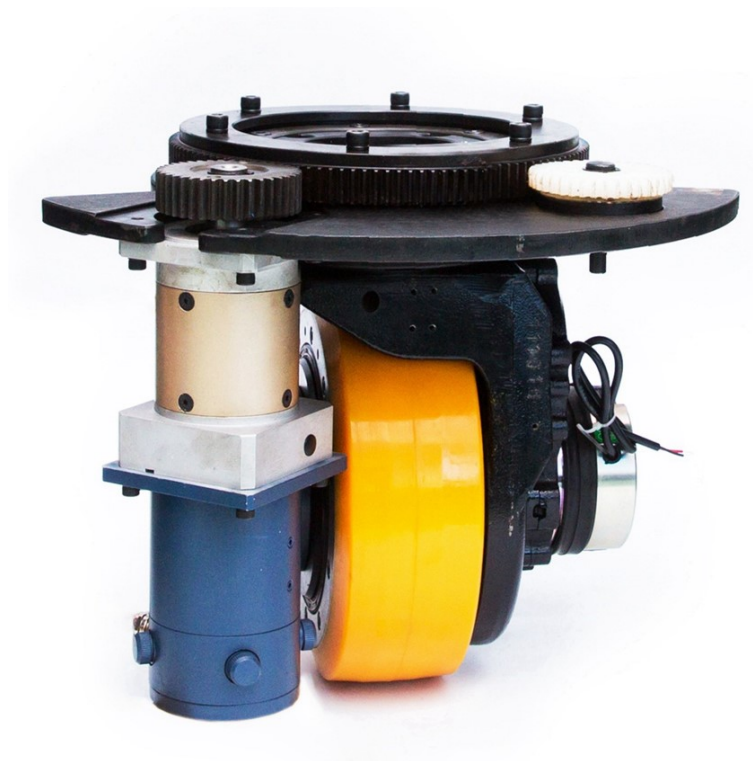
Pro tuto práci byly vybrány kola firmy Plutools, která jsou typu Horizontal motor in wheel viz obrázek 3.3. Každé kolo má 2 motory určené pro 2 směry. Menší motor obstarává otáčení kola. (Parametry menšího motoru jsou uvedeny v tabulce 3.1.) Větší motor je umístěný přímo v kole a je určen pro samotný pohon kola. Parametry většího motoru jsou uvedeny v tabulce 3.2. Motory mají snímání pohybu pomocí lineárního inkrementálního čidla. Toto čidlo má na výstupu 3 hallové sondy, které se připojují do měničů. Motor sloužící pro pohon má navíc elektrickou brzdu, která je bez napětí zabrzděná. Jakmile se na brzdou přivede 24V DC tak se brzda odbrzdí. Toto odbrzdění je obstaráváno pomocí měniče. Každé kolo je opatřeno 3 indukčními senzory pro homing kola a krajní polohy. Tyto senzory jsou připojeny přes PLC do měničů, kde zajišťují nulování pozice a hlavně slouží jako bezpečnostní prvek proti fyzickému poškození dorazů v krajních polohách otočení kola. [6]

Motor pro otáčení		
Typ motoru	PMSM	-
Výkon	400	W
Napětí	48	V
Rychlost	3000	Rpm
Proud	12,8	A
Točivý moment	1,27	Nm
Převodový poměr	50	I
Točivý moment převodovky	55	Nm
Počet pole parů	4	-

Tabulka 3.1: Parametry motoru pro otáčení [6]

Hnací motor		
Typ motoru	PMSM	-
Výkon	2500	W
Napětí	48	V
Rychlost	2500	Rpm
Proud	65	A
Točivý moment	9,55	Nm
Převodový poměr	24	I
Max. Zrychlení	408	Nm
Jmenovitý točivý moment kola	204	Nm
Maximální zatížení kola	1,5	t
Brzdný moment	15	Nm
Počet pole parů	4	-

Tabulka 3.2: Parametry hnacího motoru [6]



Obrázek 3.3: Horizontal motor in wheel PLT-250-HS [7]

3.3.2 Měníč SBL2360T

Tyto měniče se starají o otáčení kol do určených směrů. Případně pro korigování při pohybu po magnetické pásce. Měníče ovládají menší stejnosměrné motory. Měníč firmy Roboteq SBL2360 je na obrázku 3.4. Je vysoko-výkonný dvoukanálový měnič pro střídavé a stejnosměrné motory vybavené halovými sondami. Řídicí jednotka využívá informace o poloze ze snímačů k sekvenčnímu napájení tří vinutí motorů za účelem generování plynulého nepřetržitého otáčení. Řídicí jednotka také používá Hallovu sondu anebo informace z kodéru k výpočtu rychlosti a měření ujeté vzdálenosti uvnitř 32-bitového čítače. Motory mohou být provozovány v režimu otáček v otevřené nebo uzavřené smyčce. SBL2360 je vybaven několika analogovými, pulzními a digitálními I / O, které lze přemapovat jako povelové nebo zpětnovazební vstupy, koncové spínače nebo mnoho dalších funkcí. SBL2360 přijímá příkazy přijaté z RC rádia, analogového joysticku, bezdrátového modemu nebo PLC. U aplikací mobilních robotů lze dva motorové kanály měniče ovládat jednotlivě nebo smíšeně, aby se vozidlo mohlo pohybovat a řídit. Pomocí sběrnice CAN lze na jednom krouceném páru propojit až 127 radičů z rychlostí až 1 Mbit/s. SBL2360 obsahuje bezpečnostní prvky, které zajišťují spolehlivý a bezpečný provoz. Provoz měniče lze značně automatizovat a přizpůsobit pomocí skriptů Basic Language. Radič lze konfigurovat, monitorovat a ladit v reálném čase pomocí PC nástroje RoboteQ. Tyto měniče vyžadují, aby hallové sondy uvnitř motoru byly od sebe natočeny o 120 stupňů.[8]



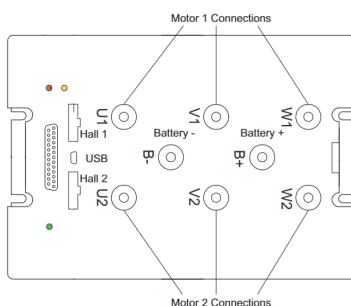
Obrázek 3.4: Měnič SBL2360 [8]

3.3.3 Měnič GBL2660

Tyto měniče jsou využity pro pohon platformy. Dále také odbrzdování kola. Měniče ovládají větší motor. Jejich úkolem je ovládat hlavní motory s el. brzdou. Jeden měnič je vždy určen pro 2 kola. Měnič firmy Roboteq GBL2660 na obrázku 3.5. Je vysoko-výkonný dvoukanálový měnič pro střídavé a stejnosměrné motory vybavené halovými sondami. Řídicí jednotka využívá informace o poloze ze snímačů k sekvenčnímu napájení tří vinutí motorů za účelem generování plynulého nepřetržitého otáčení. Řídicí jednotka také používá Hallovu sondu anebo informace z kodéru k výpočtu rychlosti a měření ujeté vzdálenosti uvnitř 32-bitového čítače. Motory mohou být provozovány v režimu otáček v otevřené nebo uzavřené smyčce. GBL2660 je vybaven několika analogovými, pulzními a digitálními I / O, které lze přemapovat jako povelové nebo zpětnovazební vstupy, koncové spínače nebo mnoho dalších funkcí. GBL2660 přijímá příkazy přijaté z RC rádia, analogového joysticku, bezdrátového modemu nebo PLC. U aplikací mobilních robotů lze dva motorové kanály měniče ovládat samostatně nebo smíchat, aby se vozidlo mohlo pohybovat a řídit. Pomocí sběrnice CAN lze na jednom krouceném páru propojit až 127 řadičů z rychlostí až 1 Mbit/s. GBL2660 obsahuje bezpečnostní prvky, které zajišťují spolehlivý a bezpečný provoz. Provoz měniče lze značně automatizovat a přizpůsobit pomocí skriptů Basic Language. Tyto měniče vyžadují, aby hallové sondy uvnitř motoru byly od sebe natočeny o 120 stupňů. 3fázový můstek ovladače aktivuje každé vinutí motoru podle sekvence zobrazené na obrázku 3.7. [9] Jeho zapojení můžete vidět na obrázku 3.6.



Obrázek 3.5: Měnič GBL2660 [9]



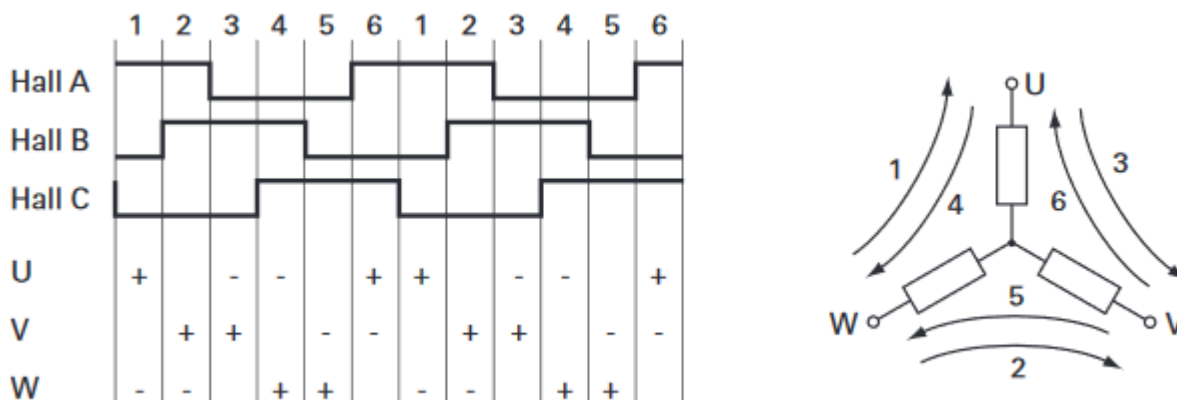
Obrázek 3.6: Dvoukanálové zapojení GBL2660 [9]

3.4 Senzorická část

Tato část práce pojednává o jednotlivých senzorech. Sensory jsou určeny k orientaci platformy v prostoru. Dále také pro správné srovnání platformy pod paletou před zvednutím.

3.4.1 Lidar

Pro tuto práci byl vybrán 2D lidar od firmy Sick. (Obrázek 3.8) Tento senzor kombinuje inteligentní provozní vyhodnocení a výstup změřených dat v jednom přístroji. Může tak zajišťovat snímání dat o přítomnosti objektu v definované oblasti a výstup přesných změřených dat skenované plochy. Senzorem TiM781 snížila firma SICK počet senzorů nutných pro mobilní aplikace. Zákazníci tak mohou vyvíjet individuální řešení pro své aplikace. Kompaktní provedení senzorů je vhodné mj. právě pro mobilní platformy, automaticky řízené vozíky (AGV) a mobilní servisní roboty. Senzor TiM781 podporuje lokalizaci robotu a zamezení kolize v těchto aplikacích. [10] Lidar má velký rozsah 0,05m až 25m při nízké spotřebě 4W a má výhodu konfigurace přes rozhraní USB a nebo Ethernet. Jak již bylo zmíněno veškeré vyhodnocování je řešeno v samotném přístroji. Tento senzor může pomocí digitálních výstupů předávat do PLC pouze narušení polí. V programu od společnosti



Obrázek 3.7: Sekvence hallových sond [9]



Obrázek 3.8: Lidar TIM781 [10]

Sick lze nakonfigurovat 16 trojitých polí a 3 simultánní pole včetně konfigurace slepých míst. Doba odezvy na jeden sken je typicky 67ms a při 2 skenech je to < 134 ms. [10]

Lidar je nakonfigurován přes Ethernet. V programu je nastavena detekce polí. Narušení polí je předáváno pomocí digitálních výstupů. Tyto digitální výstupy znázorňují detekci určitých vzdáleností. Dále je možno nastavit slepá místa, které lidar bude ignorovat. Například noha palety nastavena jako slepé místo v jednom z profilů. Dále jsou zde 4 digitální vstupy, kterými se přepínají jednotlivé profily. Těchto profilů může být až 16. To znamená, že dané vstupy fungují jako binární číslo. Další možností jak získávat data je komunikace po Ethernetu. Využita je jen digitalní komunikace a to zejména pro orientaci v prostoru aby nedošlo ke kolizi.

3.4.2 Senzor magnetické pásky MGS1600GY

MGS1600GY je magnetický vodící senzor schopný detekovat a hlásit polohu magnetického pole podél jeho vodorovné osy. (Obrázek 3.9) Senzor je určen pro robotické aplikace sledující trať pomocí magnetické pásky k vytvoření vodítka stopy na podlaze. Senzor využívá pokročilé zpracování signálu k přesnému měření jeho boční vzdálenosti od středu dráhy s milimetrovým rozlišením. Informace o poloze pásky lze odesílat v numerickém formátu na porty RS232 nebo USB. Poloha je předávána jako napěťový výstup 0 až 3V a nebo jako výstup PWM. Kromě toho snímač podporuje vyhrazený režim MultiPWM, který umožňuje bezproblémovou komunikaci se všemi řídicími jednotkami motoru Roboteq pomocí jediného vodiče. Snímač detekuje a spravuje dvoucestné vidlice. Lze jej instruovat, aby sledoval levou nebo pravou stopu pomocí příkazů vydaných přes sériové/USB porty nebo pomocí stavů dvou digitálních vstupů. Všechny provozní parametry a příkazy snímače jsou také přístupné přes jeho rozhraní sběrnice CAN. Kromě detekování sledované stopy snímač detekuje a hlásí přítomnost magnetických značek, které mohou být umístěny na levé nebo pravé straně trati. Senzor je vybaven čtyřmi kontrolkami LED pro snadné monitorování a diagnostiku. MGS1600GY má tříosý gyroskop, který lze použít k zajištění další stability a vedení vozidla. Senzor obsahuje vysoce výkonný základní skriptovací jazyk, který umožňuje uživatelům přidat k senzoru přizpůsobené funkce. Pro konfiguraci senzoru je k dispozici počítačový nástroj. Tento nástroj umožňuje snímání a vykreslování dat senzoru na záznamníku proužkového grafu a pro vizualizaci magnetického pole v reálném čase tak, jak je snímáno senzorem. [11]



Obrázek 3.9: Senzor magnetické pásky MGS1600GY [11]

Tento senzor komunikuje pomocí analogového výstupu a CAN komunikace. Analogový signál předává údaj 0-3V. Tento údaj je využit pro kontrolu umístění čáry pod/nad senzorem, což je využito pro řízení platformy. Rozlišení tohoto výstupu je v řádech milimetrů, bez problému tak korigovat platformu, aby do ničeho nenarazila. Na spodní části platformy jsou umístěny 4 senzory. Boční senzory jsou využívány pro zachytávání křížení případně se zamění za přední senzory při změně směru po vytočení kol. Toto prohození je odehrává pouze v programu. Dále jsou 4 senzory umístěny na horní části platformy. Tyto pak slouží pro správné umístění platformy pod paletou.

3.4.3 Optické senzory

Senzor OMT600-R200 je laserový distanční senzor. (Obrázek 3.10) Jeho výstupem je I/O link. Jedná se o jednoduchý senzor vzdálenosti. Měření vzdálenosti probíhá pomocí vyslání paprsku a měření času kdy se paprsek odrazí zpátky. Lze zde nastavit dva režimy měření - single point nebo window mode. [12]



Obrázek 3.10: Přibližovací senzor OMT600-R200 [12]

3.5 Hydraulická část

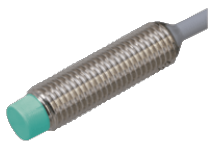
Samotná hydraulika se skládá z několika částí. Tou nejdůležitější částí je čerpadlo. Čerpadlo je napájeno 24V DC a vyžaduje 60A ve špičce. Směr toku hydraulické kapaliny je ovládán pomocí dvou elektrických ventilů. Tyto ventily jsou spínány pomocí relé. Krajní polohy jsou řešeny pomocí indukčních senzorů NCN8-12GM35-Z5 a NXN3-8GM30.

3.5.1 Hydraulické válce

U hydraulických válců se nachází 2 druhy senzorů. Prvními senzory jsou indukční senzory NXN3-8GM30, které snímají krajní polohy. Dále jsou na vrcholu válců umístěny tenzometry pro vážení palety.

3.5.2 Indukční senzor NXN3-8GM30

Senzor na obrázku 3.11 funguje v režimu Normally open. Má za úkol informovat PLC o tom zda je daný válec zvednut či zasunut. Jedná se o kontrolu poškození hydrauliky, kdy jeden z válců se nezvedl nebo nezasunul. [13]



Obrázek 3.11: Indukční senzor NXN3-8GM30 [13]

3.5.3 Indukční senzor NCN8-12GM35-Z5

Senzor na obrázku 3.12 funguje v režimu Normally Closed. Senzor má za úkol informovat PLC, zda je hydraulický válec vysunut nebo zatažen. Jedná se spíše o kontrolu zda nedošlo k poškození hydrauliky. [14]



Obrázek 3.12: Indukční senzor NCN8-12GM35-Z5 [14]

3.5.4 Tenzometry Bruster 8526

Jedná se o velmi přesné senzory, které jsou na využívány na platformě pro vážení auta a palety. Díky širokému výběru rozsahů měření od 0 ... 100 N do 0 ... 1 MN dokáže pokrýt celou řadu měřících úloh, od laboratoří až po použití v těžkém průmyslu. V případě této práce jsou tenzometry určeny pro rozpoznání naložené nebo prázdné palety. (Obrázek 3.13) [15]



Obrázek 3.13: Tenzometr Bruster 8526 [15]

3.6 Řídicí část

Celá platforma je řízena a ovládána pomocí PLC. Toto PLC dodala firma B&R. Všechny výrobky řady X90 jsou konstruovány pro použití ve velmi nepříznivém prostředí. Zvládají provozní teploty od -40 do + 85°C a jsou odolné vůči vibracím, nárazům, soli, UV záření a oleji. Výkonné a škálovatelné automatizační systémy (jako je mobilní produktová řada X90), ovládací prvky od B&R jsou ideální pro průmyslová řešení v oblasti zemědělské techniky, stavebních strojů, nouzových a komunikačních vozidel i stacionárních systémů. [16]

Byly navrženy, vyvinuty a vyrobeny pro jakékoli použití zahrnující vážná rizika nebo nebezpečí, které by mohla vést k úmrtí, zranění, vážnému fyzickému poškození nebo ztrátě jakéhokoli druhu bez zavedení mimořádně přísných bezpečnostních opatření. To zahrnuje zejména použití těchto zařízení k monitorování jaderných reakcí v jaderných elektrárnách, v systémech řízení letu nebo bezpečnosti letů, jakož i v řízení systémů hromadné dopravy, systémů podpory života nebo zbraňových systémů. [16]

Při použití automatizačních systémů nebo provozních/monitorovací zařízení jako jsou řídicí systémy ve spojení se Soft PLC (např. B&R Automation Runtime nebo srovnatelný produkt) nebo Slot PLC (např. B&R LS251 nebo srovnatelný produkt), musí být dodržena příslušná bezpečnostní opatření (např. poskytnutí bezpečnostních zařízení, jako je nouzové vypnutí atd.) v souladu s platnými národními a mezinárodními předpisy. Toto platí také pro všechna ostatní zařízení připojená k systému, jako jsou pohony. [16]

Komplexní sada standardizovaných komponent je ideální pro implementaci flexibilní koncepce automatizace. Srdcem systému X90 je výkonný procesor ARM a multifunkční I/O kanály. K základní výbavě patří rozhraní CAN, USB, Ethernet a průmyslová sběrnice reálného času POWERLINK. PLC je sestaveno z několika modulů a následně slisováno pro standard IP69. [16]

V konkrétním případě PLC obsahuje tyto moduly:

1. X90CP174 tento modul je takzvané Core neboli jádro je vybaven procesorem (ARM Cortex-A9-650) a základními výstupy jako je 3x CAN, USB, 48 multifunkčních I/O, Powerlink a 2x pomocné napájení senzorů.
2. X90IF730 tento modul je zde 2x a ukrývá v sobě 3xCAN a seriovou sběrnici RS485.
3. X90AT910 tento modul lze použít pro měření teploty, proudu, nebo napětí. Je také možné využít AI (4x) jako výstupy signálu PWM nebo digitální výstupy

Na základě nedostatečného množství I/O je PLC rozšířeno o moduly řady X67. Výhodou tohoto rozšíření je distribuce I/O po platformě a doplnění potřebného počtu I/O.

3.6.1 X67DM1321.L12

Tento modul má 16 digitálních kanálů, které lze konfigurovat jako vstupy nebo výstupy. Vstupy jsou určeny pro připojení spotřebiče, výstupy pro připojení zdroje. [17]

3.6.2 X67AI1233

Tento modul je vybaven 4 vstupy s 16-bitovým digitálním převodníkem. Rozsah vstupního signálu je $\pm 10V$. Modul je přímo určen jako vstup z vyhodnocovací jednotky tenzometrů.[18]

3.6.3 X67IF1121-1

Sériová rozhraní (například jednotka ovládání LED pásků) jsou často rozptýlena po systémech. Tento modul rozhraní ze vzdáleného systému X67 je optimální volbou pro tuto oblast použití: možnosti připojení RS232/RS485/RS422 přímo tam, kde jsou potřeba, distribuované na stroji nebo systému. [19]

3.6.4 X67DS438A

Modul je IO-Link master, který umožňuje připojení inteligentních senzorů a akčních členů v souladu se standardem IO-Link. Modul lze použít k ovládání až 4 zařízení IO-Link. Všechny kanály IO-Link lze také provozovat v režimu SIO, je-li to žádoucí, a tedy použít jako digitální vstupy nebo výstupy. Modul má také 4 další digitální vstupy, které lze použít nezávisle na konfiguraci kanálu IO-Link. Modul je určen právě pro senzory vzdálenosti. [20]

3.6.5 X67BC8321.L12

Řadič sběrnice umožňuje připojení modulů X2X Link k POWERLINK. Je také možné provozovat cyklus X2X Link synchronně 1: 1 nebo synchronně s POWERLINK pomocí předvolby. [21]

Pomocí integrovaného připojení X2X Link lze připojit další moduly X2X Link (moduly X67 nebo jiné moduly založené na X2X Link). Mechanicky je POWERLINK připojen přes standardní konektor M12 Ethernet s hodnocením IP67.

POWERLINK je standardní protokol pro Fast Ethernet s charakteristikami v reálném čase.

Kromě toho jsou na stejném modulu digitální vstupy a výstupy, takže lze připojit také odpovídající 24 V senzory / akční členy.

3.7 Napájecí část

Napájení platformy je řešeno pomocí baterie. Baterie je pro tuto práci vyrobena na zakázku firmou EVA battery. Jedná se o Li-ion akumulátor s nominálním napětím 48V a s kapacitou 104 Ah nebo 5240 Wh. Baterie je schopna konstantně dodávat 60A a ve špičce až 150A po dobu maximálně 15 vteřin. Baterie má v sobě články Samsung 40E. Kdy každý článek má 4000 mAh. Baterie se nabíjí 58V a 30A. Dále v napájecí části lze zmínit i 3 měniče, které jsou zde pro změnu napětí ze 48V na 24V. První měnič dodává až 6A a je určen pro napájení senzoriky. Další měnič je pro napájení čistě PLC a dokáže dodat až 9A. Třetí měnič dokáže dodat 60A a je určen pro Hydraulické čerpadlo.

Kapitola 4

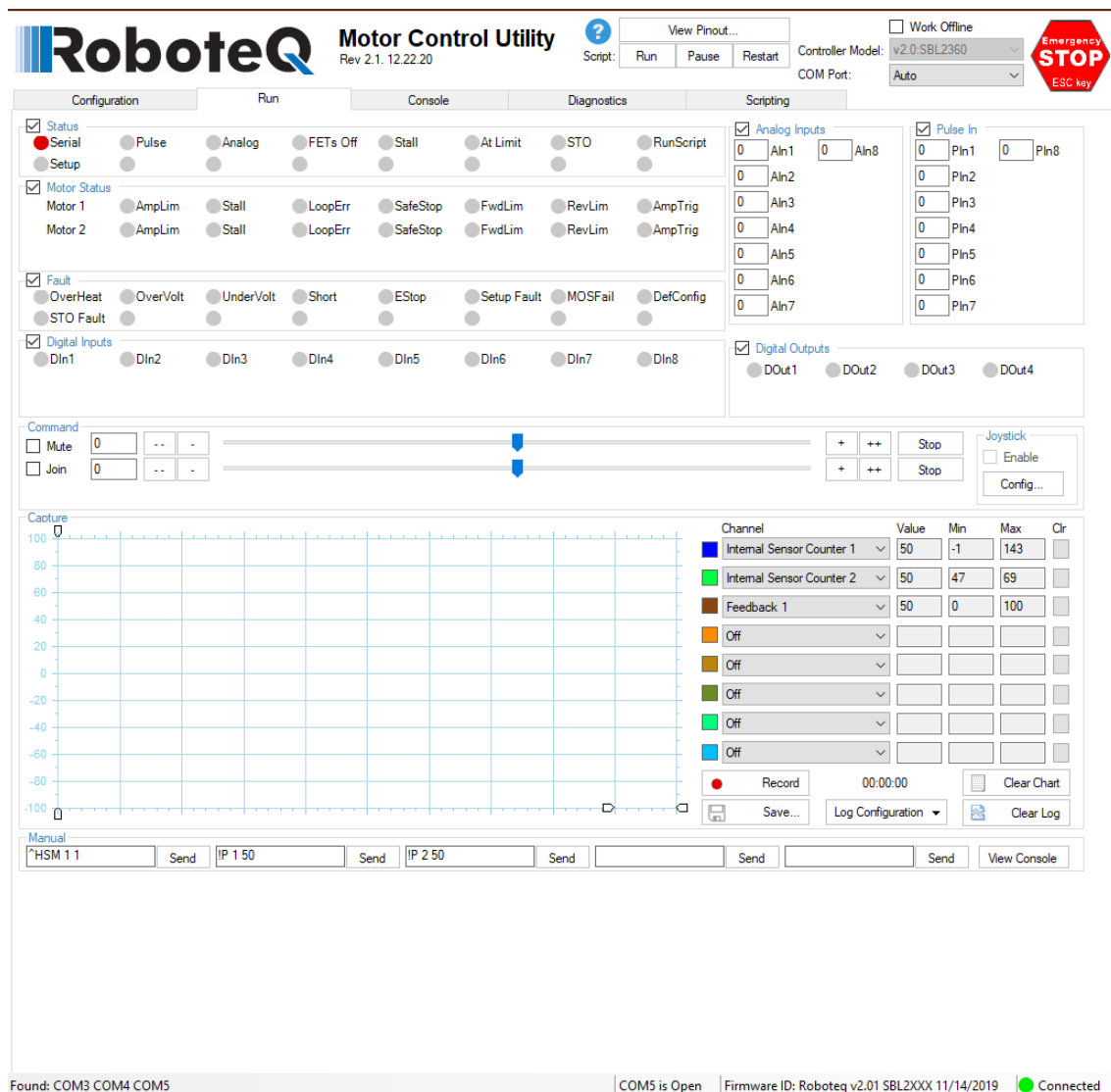
Popis konfigurace hardwaru

Tato kapitola je věnována popisu hardwarové konfigurace. Prvním prvkem jsou měniče pro motory. Dalším prvkem je senzor magnetické pásky, který slouží pro hlavní orientaci v prostoru. Následuje část o konfiguraci lidarů a v poslední části je zpracována základní konfigurace PLC.

4.1 Měniče SBL2360 & GBL2660

V konfiguraci měničů se jedná hlavně o nastavení parametrů motoru a správného nastavení pro CANopen. U nastavení měničů jsou důležité parametry v rámci sekce Power Output. Na základě doporučené hodnoty frekvence PWM mezi 16-18kHz je hodnota nastavena na 18kHz a to na základě doporučení výrobce. Další položkou je nastavení přepětové pojistky, v tomto případě se jedná o 60V což odpovídá maximálnímu napětí baterie. V poslední řadě je nastavena reakce na zkrat a to na rychlou reakci. Zbytek odpovídá továrnímu nastavení.

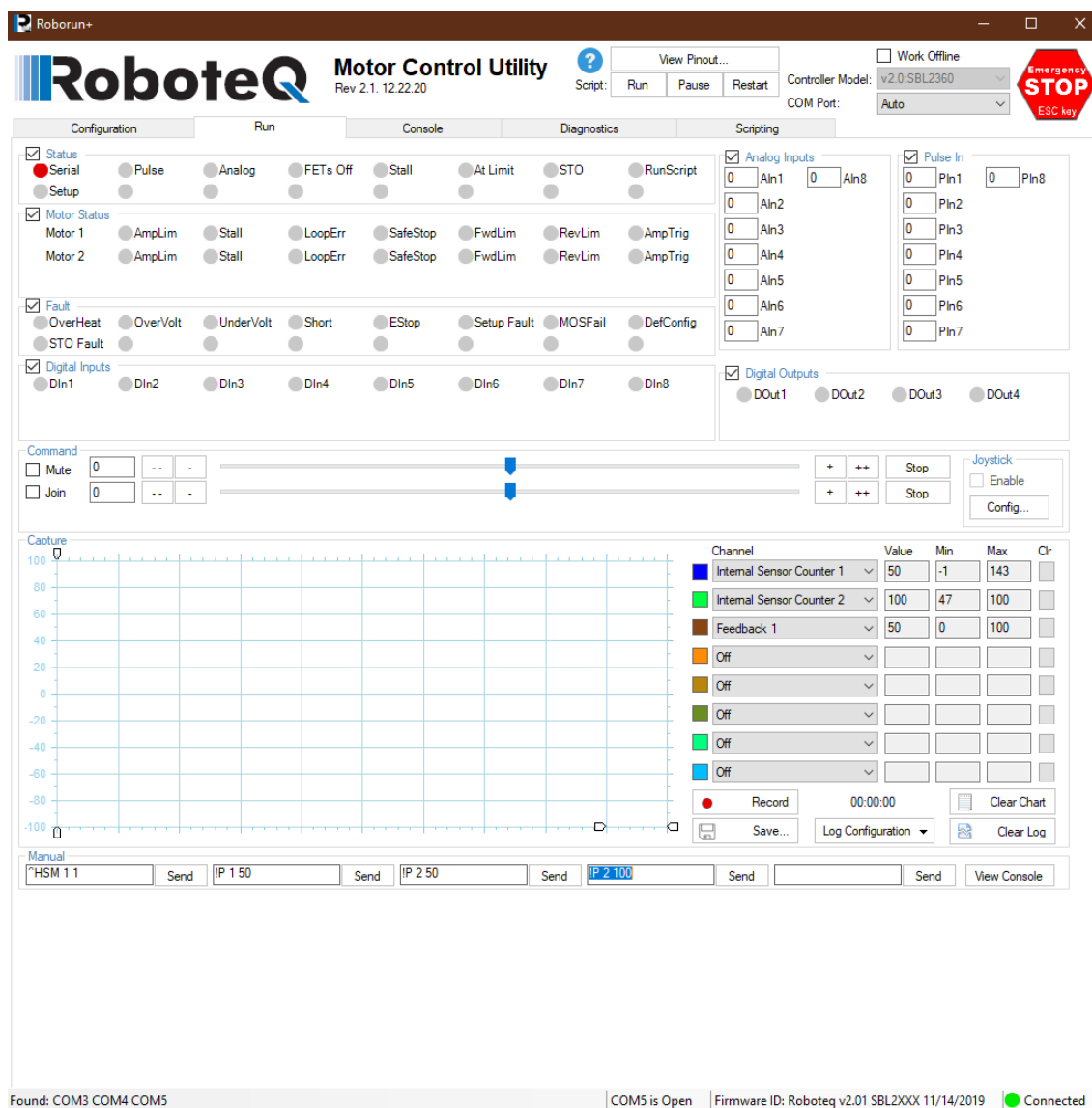
Další částí je nastavení přímo pro jednotlivé motory. U motorů jsou parametry nastavovány podle dokumentace, ale také dle doporučení výrobce. Hlavním parametrem je zde proud, který je u menších motorů 12,8A. Dalším důležitým parametrem je u motorů točivý moment. Hodnoty točivého momentu a proudu jsou využity při výpočtu konstantního točivého momentu. Další parametry jsou nastaveny dle dokumentace k motorům. Poslední parametry jsou nastaveny podle doporučení výrobce a to parametry uzavřené smyčky. V těchto parametrech je určen proporcionální člen PI regulátoru na hodnotu 20 a integrační člen je určen na hodnotu 5. Pro účely testování byl parametr rychlosti pro uzavřenou smyčku snížen na polovinu a to na hodnotu 1000 RPM. Tento popis je pro měnič SBL2360, jednotlivé parametry jsou stejné pro všechna kola. Jako ukázka a otestování uzavřené smyčky bylo v programu ROBOTEQ Roborun+ pomocí příkazu "!P 2 100" nařazeno druhému motoru dostat se na pozici 100. Daný pohyb je pozorovatelný na obrázcích 4.1 a 4.2, kdy je uvedeně natočení motoru je v parametru Internal Sensor Counter 2.



Obrázek 4.1: Stav motoru před zasláním příkazu pro změnu pozice

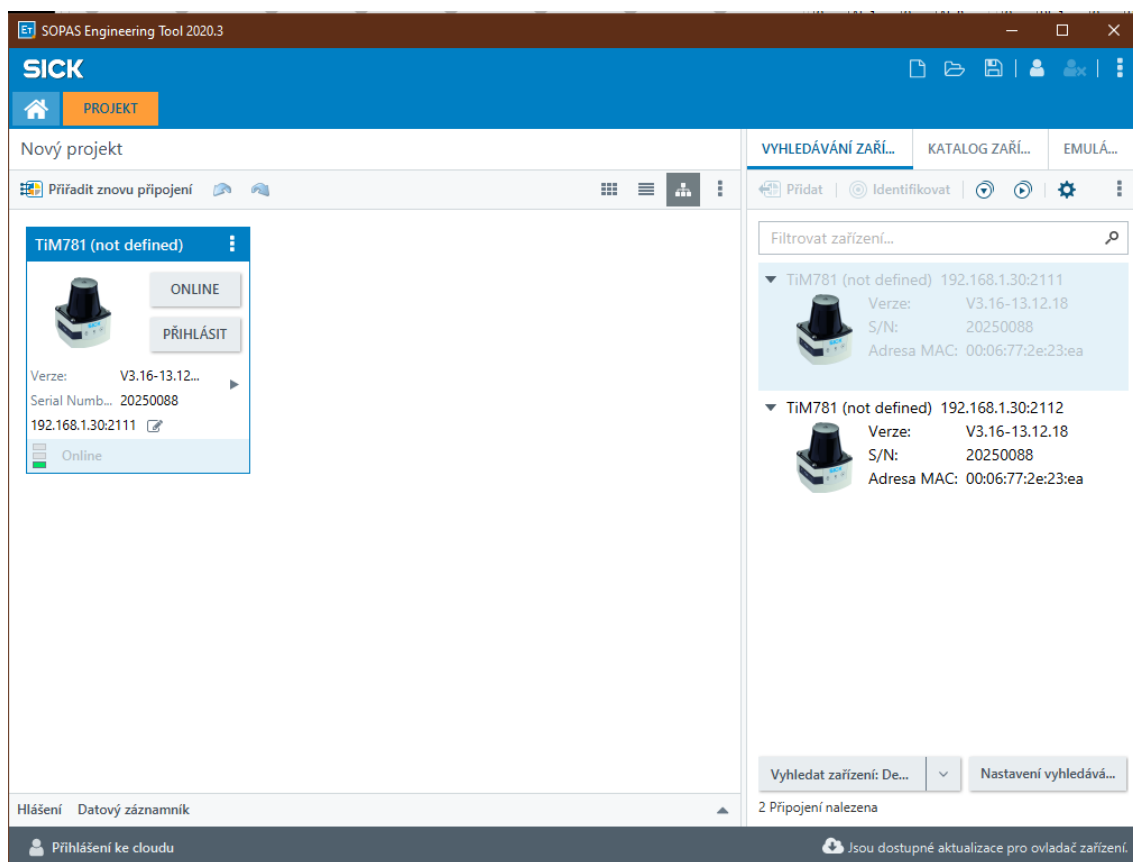
4.2 Lidar

Konfigurace a zprovoznění lidarů není nic složitého. Lidary jsou konfigurovány přes ethernet. Po spuštění programu Sopas se automaticky provede oskenování dané sítě. Nalezené zařízení se zobrazí v pravé části okna programu, jak lze vidět na obrázku 4.3. Z této části se musí zařízení přidat do projektu. Obsluha se může přihlásit jakmile je zařízení přidáno do projektu. Pro přihlášení v rámci konfigurace je využít profil "Údržba" s heslem "Main".

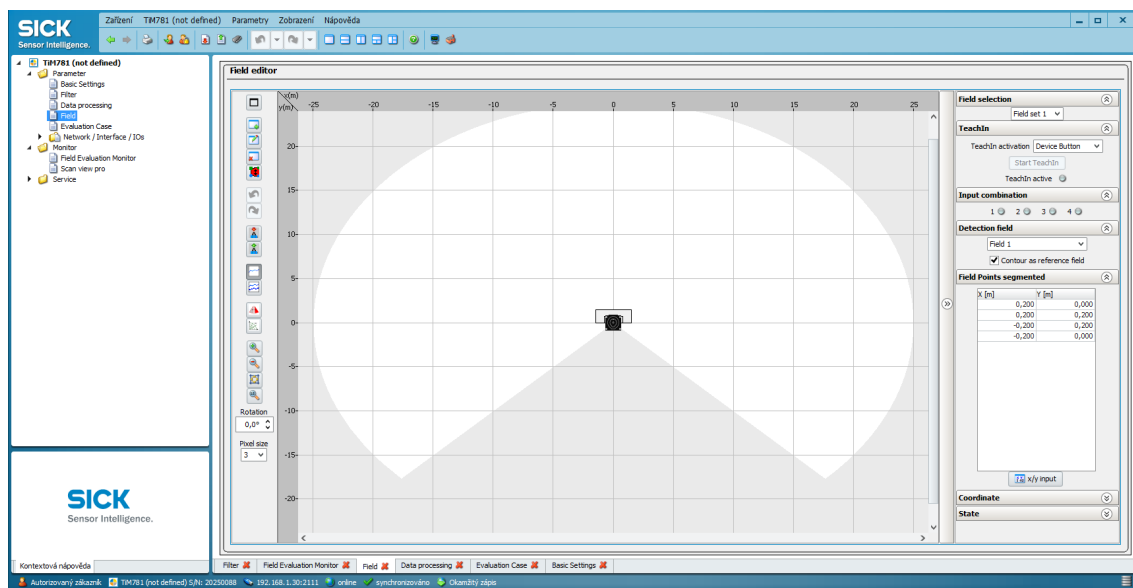


Obrázek 4.2: Stav motoru po zaslání příkazu pro změnu pozice

Na obrázku 4.3 je nastavení již samotného lidarů. Asi jedno z nejdůležitějších nastavení je Field neboli nastavení polí. Nastavení polí lze provést dvěma způsoby. Každé pole je definováno několika body. Umístění těchto bodů lze nastavit pomocí souřadnic X a Y a nebo je daný bod nastaven pomocí vzdálenosti a úhlu vůči lidarů. Nastavování pomocí souřadnic jednotlivých bodů lze vidět na obrázku 4.4. Dalším důležitým parametrem je nastavení profilů. Jednotlivé profily jsou přepínány pomocí digitálních vstupů. U daných profilů lze nastavit kombinaci digitálních vstupů, kterou se dá aktivovat neboli určit binární číslo, které odpovídá aktivování určitých vstupů. Veškeré nastavení musí být otestováno. Na obrázku 4.5 můžete vidět jakým způsobem daný lidar sleduje okolí a dané pole. Na pravé straně jsou zobrazeny jak vstupy pro kontrolu přepínání profilů tak výstupy.

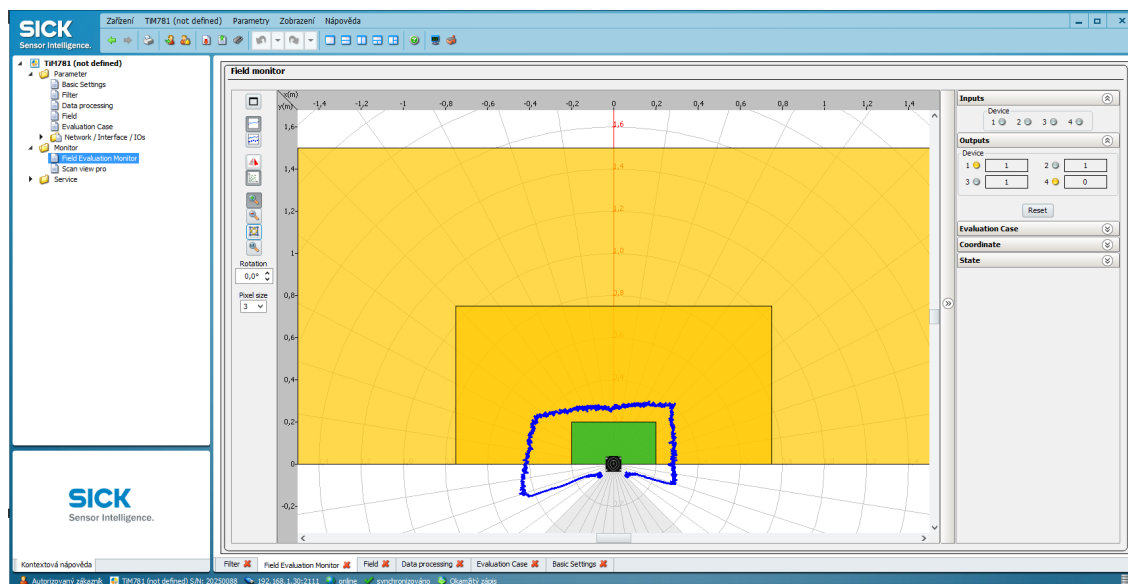


Obrázek 4.3: Zobrazení lidarů přidaného do projektu v programu SOPAS



Obrázek 4.4: Zobrazení nastavení bodů jednotlivých polí

Stojí za povšimnutí, že i přes nastavení tří polí, je zde čtvrtý výstup, který signalizuje nenarušení pole. To znamená, že lidar má kontakt s okolím a není narušené některé z polí. Při testování bylo nastavení pro výstupy přehozeno. Pole jsou zde z důvodu bezpečnosti a jejich využití je popsáno v rámci Kapitoly 6.

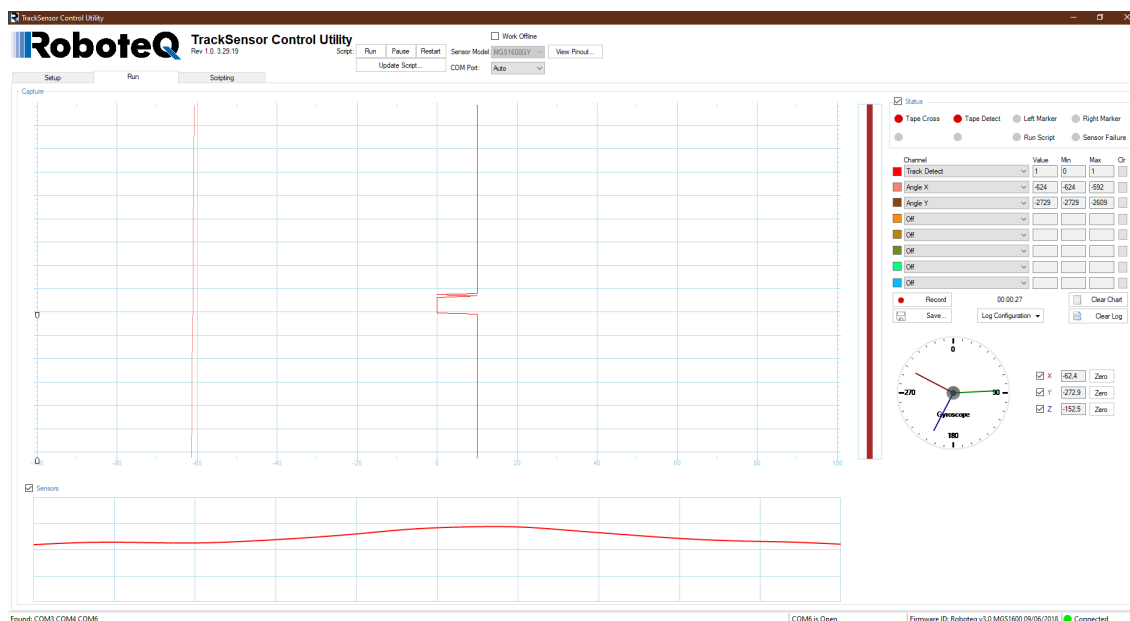


Obrázek 4.5: Zobrazení pohledu lidarů

4.3 Senzor magnetické pásky

U senzoru magnetické pásky toho k nastavování není moc. Zde je třeba pouze správně nastavit CA-Nopen parametry, následně správně nastavit šířku a polaritu magnetické pásky. Ostatní využívané parametry jsou již automatické.

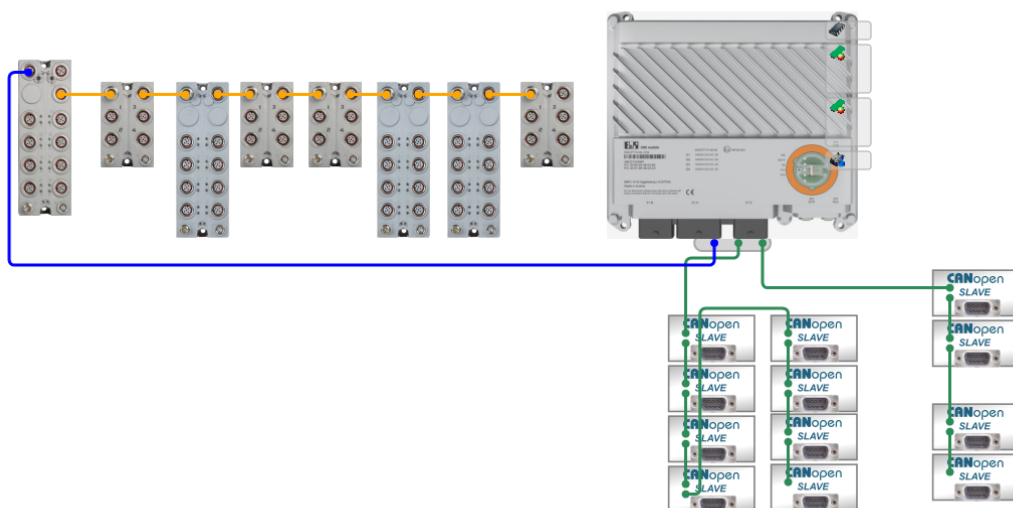
Na obrázku 4.6 je možno vidět jakým způsobem je magnetická páska snímána. Také lze vidět, že při testování jsou zobrazeny údaje detekce pásky a detekce křížení.



Obrázek 4.6: Zobrazení pohledu senzoru magnetické pásky

4.4 PLC x90

Při konfiguraci PLC je důležité dodržet kroky pro import EDS souborů, které slouží ke komunikaci CANopen. Dále správně vybrat a připojit moduly, kterými je PLC rozšířeno. Ostatní nastavení je o přizpůsobení pro jednotlivé vstupy a výstupy, které jsou vyžadovány samotným PLC. Zobrazení zapojení rozšiřujících modulů a senzorů magnetické pásky a měničů k PLC je vidět na obrázku 4.7. Jednotlivé rozšiřující moduly jsou popsány v podkapitole 3.6. Modrou barvou je na obrázku 4.7 znázorněn Powerlink. Oranžová barva znázorňuje propojení pomocí X2X linku. Propojení sběrnice CAN je vyobrazeno zelenou barvou. Přímou pod PLC se nachází senzory magnetické pásky a na pravé straně od PLC se nachází SBL měniče a pod nimi GBL měniče. [22]



Obrázek 4.7: HW konfigurace PLC X90

Kapitola 5

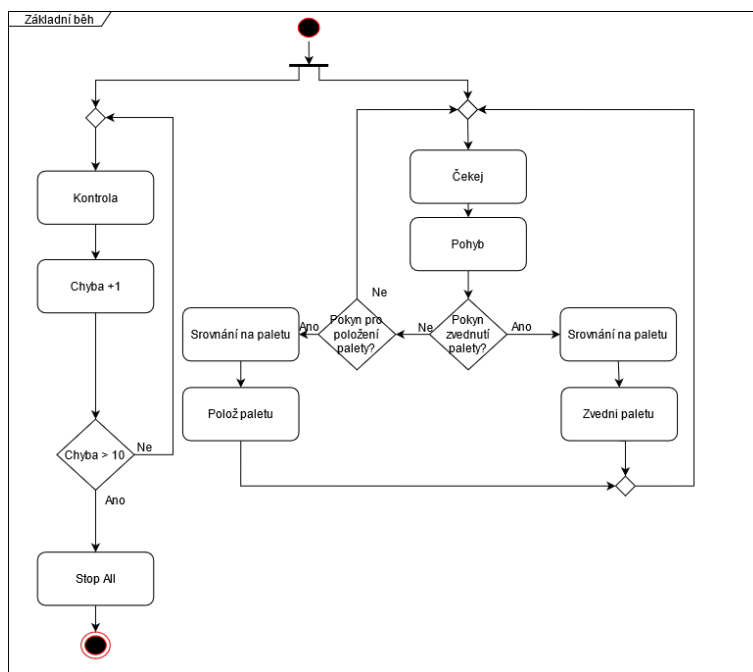
Navigační a řídicí program platformy

Tato kapitola pojednává o navigačním a řídicím programu. Dále se zabývá funkcemi, které navigační a řídicí program obsahuje. Jako první je nutné určit v jakém prostoru se bude platforma pohybovat a podle jakých senzorů se bude orientovat. Následně dle těchto požadavků lze vytvořit navigaci, podle které se řídí platforma. Tím je získána informace pro vytvoření základního navigačního a řídicího programu.

5.1 Základní program

Jelikož se jedná o rozvinutí mé bakalářské práce do reálného měřítka, tak princip navigace zůstává stejný. Optické senzory nahradily senzory magnetické pásky a všesměrová kola byla vyměněna za Horizontal motor wheel. Platforma se hýbe po mřížce/ gridu čar. Jednotlivá křížení jsou označena souřadnicemi X a Y. [1]

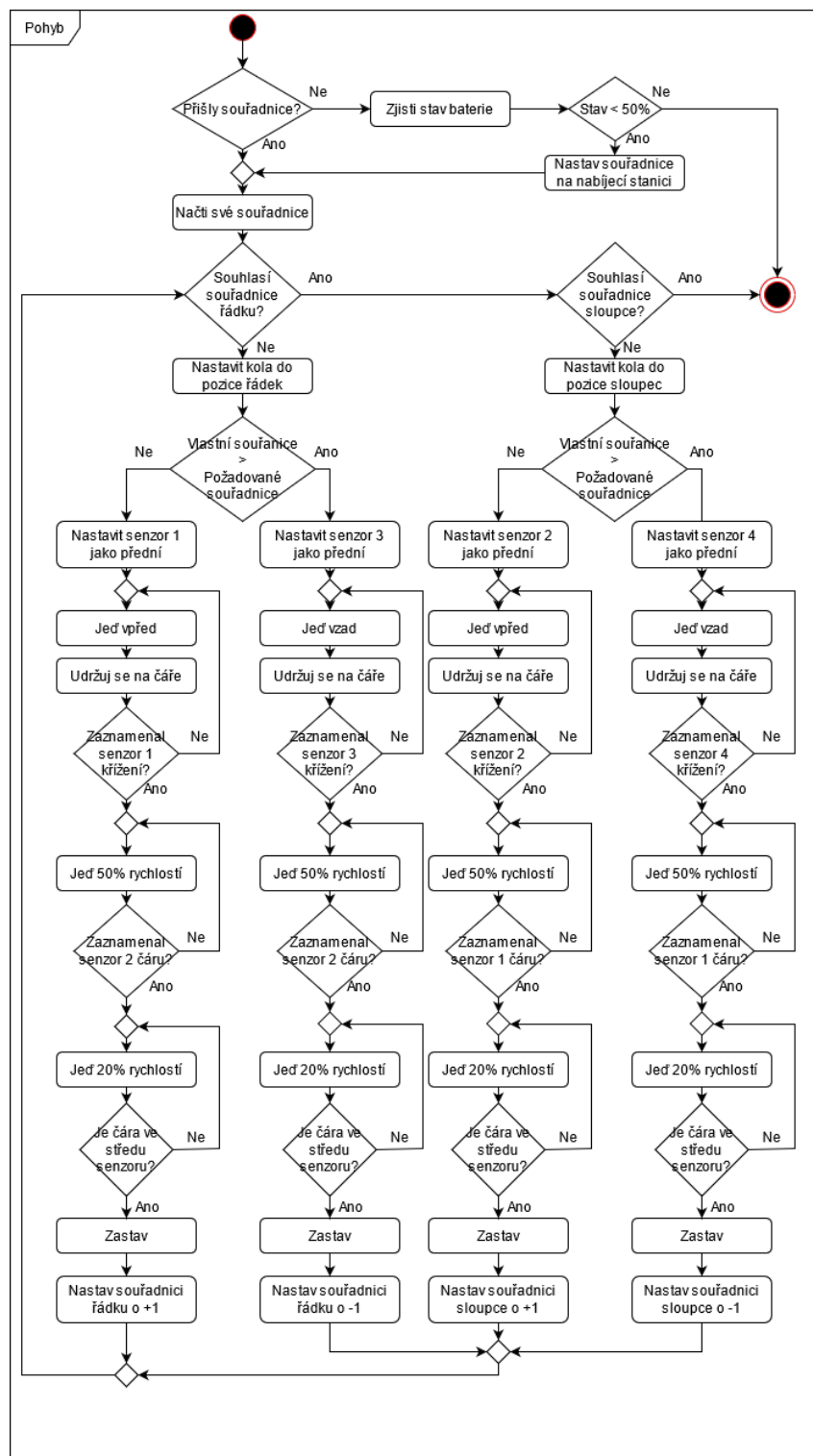
Základní program běží ve dvou paralelních smyčkách. (Obrázek 5.1) Hlavní smyčka běží v cyklu mezi Idle režimem a funkcí pohyb. Pokud funkce pohyb proběhne, platforma si překontroluje zda nemá na daných souřadnicích zvednout nebo položit paletu. Případně provede funkci zdvih a vrátí se do Idle režimu. Druhou paralelní smyčkou je kontrolní smyčka. Tato smyčka má za úkol v případě problému spustit diagnostiku. Je zde i počítadlo smyček proti zacyklování. Pokud počítadlo překročí určený počet chyb, je daná platforma odstavena. Předá tuto informaci nadřazenému systému, který může dále vyhodnotit nutnost zásahu technika. Více je popsáno v kapitole 6.



Obrázek 5.1: UML diagram základního Programu

5.2 Funkce Pohyb

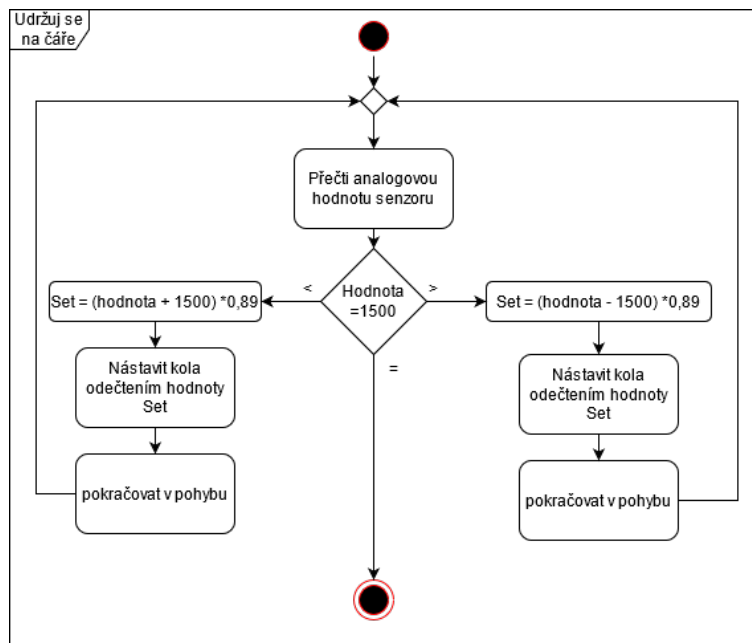
Ve funkci "Pohyb" se nejdříve zkontroluje informace z nadřazeného systému. (Obrázek 5.2) Konkrétně zda se změnila souřadnice. Pokud platforma nemá z nadřazeného systému žádné nové příkazy, je zde možnost kontroly stavu baterie. V případě, že bude baterie pod 50 %, tak platforma zvolí souřadnice nabíječky a dojede na nabíječku. V průběhu pohybu předává informace nadřazenému řídicímu systému. Jak již bylo zmíněno platforma se orientuje hlavně pomocí magnetické souřadnicové mřížky čar. Důležité je natočení kol, a to pro Řádek neboli X souřadnice anebo pro Sloupec neboli Y souřadnice. Jednotlivé křížení mají určené souřadnice X a Y. Platforma se pohybuje po těchto kříženích. Přehazuje si jen dané senzory magnetické pásky, tak aby si v programu určila, který senzor magnetické pásky bude brán jako přední. Tímto senzorem magnetické pásky se hlídá kdy najíždí na křížení. V rámci pohybu po magnetické pásce si udržuje směr pomocí funkce "Udržuj se na čáře". Poté co přední senzor zaznamená křížení, platforma zpomalí na 50 %, své maximální rychlosti. Pomalu najíždí na dané křížení. Jakmile dané křížení zaznamenají boční senzory magnetické pásky platforma zpomalí na 20 %, své maximální rychlosti. Ve chvíli kdy senzory magnetické pásky zaznamenají střed křížení, tak platforma zastaví a přičte nebo odečte k dané souřadnici jedničku. Platforma vždy nejdříve kontroluje X souřadnici a následně až Y souřadnici. [23, 22, 24, 4]



Obrázek 5.2: UML diagram funkce Pohyb

5.3 Funkce Udržuj se na čáře

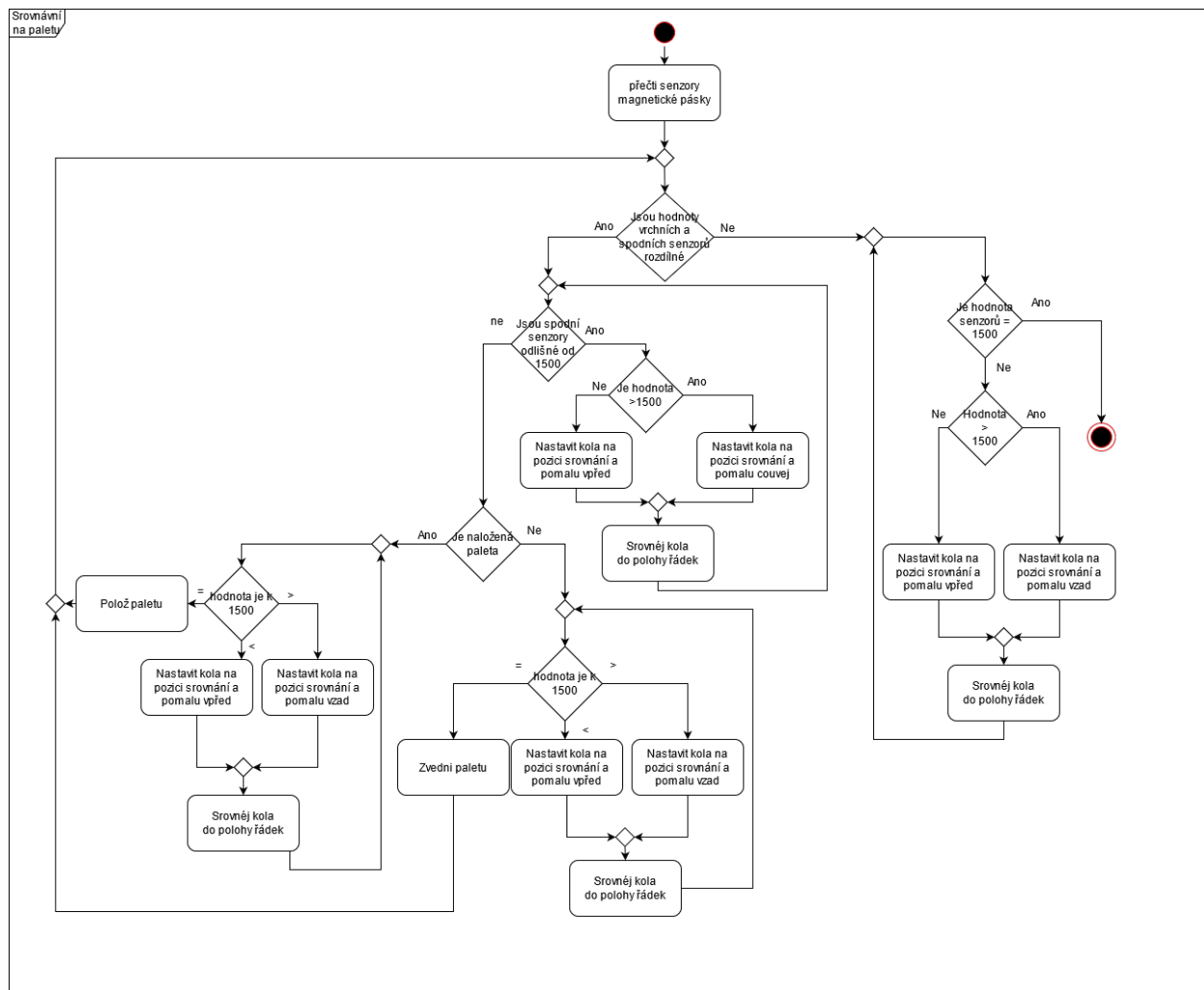
Funkce "Udržuj se na čáře" pracuje s analogovou hodnotou senzoru magnetické pásky. (Obrázek 5.3) Jestliže se hodnota liší od středu magnetické pásky změni otočení kol, tak aby se platforma vrátila zpátky na čáru. Dle dokumentace je rozsah hodnoty analogového výstupu ze senzorů magnetické pásky 0-3V DC. Tímto údajem zjistíme že střed pásky je při hodnotě 1,5 V DC. Tuto hodnotu ukládáme do hodnoty Set, dále tuto hodnotu upravujeme dle toho na jakou stranu se platforma stáčí. Výslednou hodnotu vynásobíme konstantou 0,89. Tato konstanta nám upraví hodnotu Set tak aby odpovídala natočení kol.



Obrázek 5.3: UML diagram funkce Udržuj se na čáře

5.4 Funkce Srovnání na paletu

Tato funkce je pouze jako kontrolní. Využívá se v rámci reakce na diagnostiku a pro kontrolu, aby nedošlo k poškození jak platformy tak palety při zvedání. Jejím úkolem je zkontrolovat údaje z vrchních senzorů magnetické pásky. Zde se opět bere hodnota 1,5V DC jako střed magnetické pásky na senzoru. V rámci kontroly se platforma srovná pod paletu. A to v případě, že by byla paleta posunutá. Následně platforma zvedne paletu a srovná ji podle magnetické souřadnicové mřížky a položí paletu zpět na zem. Tato funkce slouží pouze pro srovnání platformy s paletou. Neslouží pro její manipulaci při pohybu. Jde pouze o bezpečnostní pojistku proti poškození.



Obrázek 5.4: UML diagram funkce Srovnání na paletu

Kapitola 6

Diagnostika

Tato kapitola se věnuje diagnostice. U platformy jde převážně o diagnostiku jednotlivých částí. Nejjednodušší diagnostikou je diagnostika měničů k motorům. Dále je možné provádět diagnostiku u lidarů a v poslední samostatné části je možné ověřovat zatáhnutí/vysunutí hydraulických válců za pomoci tenzometrů a indukčních čidel. Nakonec je zde několik diagnostik v rámci platformy jako celku, např. prokluzování kol, nebezpečí nárazu do překážky a selhání senzoru.

6.1 Diagnostika měničů

Diagnostika měničů se využívá k více účelům. V základu jde hlavně o kalibrační nástroj, kterým je možné přímo self-diagnostikou v programu Roborun + seřídít motor na parametry a bez nutnosti nastavovat parametry ručně. Dále lze v tomto programu zaznamenávat jednotlivé parametry provozu motoru. Jako je sepnutí jednotlivých senzorů, výkon motoru, proudové zatížení, otáčky, hall counter a další. Všechny tyto údaje je možné předávat do PLC. Příkladem kdy toto lze využít je sledování proudu na všech kolech. Přibržděný nebo více zatížený motor by měl za následek výrazně větší proudové zatížení.

6.2 Diagnostika lidarů

U diagnostiky lidarů je to trochu komplikovanější. Lidar v základu funguje na tom, že předává informaci o narušení přednastavených polí. V diagnostickém režimu může fungovat jako safestop, aby nedošlo k poškození platformy nebo palety. Jako příklad lze uvést, že nejbližší zóna by při narušení předala povel "Stuj!" do PLC.

6.3 Diagnostika platformy

Nejlépe je se na diagnostiku dívat jako na celek, kde se navzájem jednotlivé systémy kontrolují. Nejlepším příkladem tohoto je kontrola hodnot optických senzorů ve srovnání s údaji lidarů. Možností by zde bylo i informovat nadřazený řídicí systém o poruše. Zaměřením na kola lze diagnostikovat několik dat. U kol lze například provádět 2 druhy diagnostiky. A to sledování prokluzu kola nebo sledování kol při nerovnoměrném zatížení, které by se mělo projevit ovlivněním pohybu.

6.4 Provádění a vyhodnocování diagnostiky

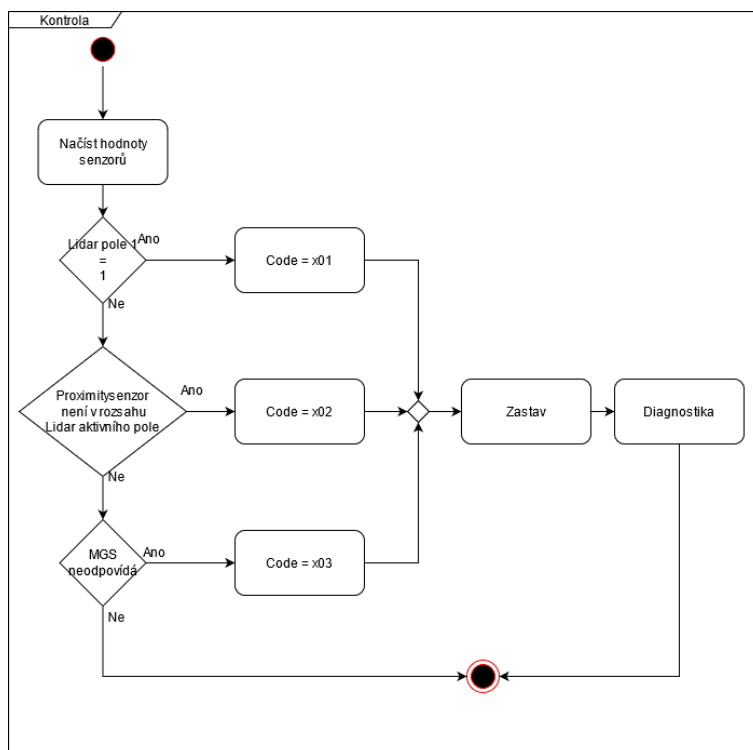
Jak již bylo zmíněno lidar je hlavně bezpečnostní složkou. Slouží jak proti nárazu tak pro orientaci v prostoru. Při provozu platformy, která se nebude otáčet kolem středu je lidar využit jako přibližovací a orientační senzor. Nastavení polí je v našem případě na 3 vzdálenosti, kdy nejmenší vzdálenost je 7 cm. Toto pole je zde pouze jako pojistka pro reakci, aby se zmírnila případná destrukce. V rámci provozu by se platforma neměla do této situace vůbec dostat. Pro srovnání platformy pod paletu je využito několika senzorů. Tyto senzory se navzájem kontrolují. Prvním senzorem a tím hlavním je senzor magnetické pásky. Ten je umístěn na dolní části platformy a snímá magnetickou pásku položenou na podlaze. Palety by neměly být položeny tak aby mohlo dojít v této fázi ke kolizi. Ovšem v reálném světě se může stát cokoliv, a proto je zde lidar. Lidar kontroluje okolí platformy a informuje PLC. Pokud by mělo dojít ke kolizi s nohou palety lidar zaznamená narušení pole následně upozorní PLC.

6.4.1 Kontrolní smyčka

V rámci kapitoly 5 nebyla popsána funkce kontrola. V podkapitole 5.1 byl popsán pouze základní běh programu. Na obrázku 6.1 je ukázán UML diagram funkce "Kontrola". Tato funkce rozhoduje o předání základního kódu problému pro diagnostiku. Samozřejmostí je, že funkce "Kontrola" spustí i příkaz zastav, který znehybní platformu, aby nedošlo k selhání a přes přerušení by platforma přešla do nekontrolovaného pohybu.

6.4.2 Diagnostické přerušení

PLC přechází do přerušení tehdy, pokud dojde k jednomu z předepsaných scénářů. (Obrázek 6.2) V přerušení se zapne diagnostika a PLC začne srovnávat údaje. Pro srovnání použije údaje třech prvků. Údaje z optického senzoru (proximity senzoru), údaje z lidarů a údaje ze senzorů magnetické pásky. V případě magnetické pásky srovnává pásku na podlaze a na paletě. Jestliže dojde k nesouladu těchto údajů, začne se platforma pomalu srovnávat s paletou a následně zvedne paletu a srovná paletu zpátky k pásce na podlaze. Poté zkontroluje, zda se shodují údaje z optického senzoru a



Obrázek 6.1: UML diagram funkce Kontrola

lidaru. Resp. zda vzdálenost na optickém senzoru odpovídá narušenému poli v lidar. Lidar je v době zvednuté palety již přepnut do daného profilu.

6.4.3 Předdefinované chybové hlášky

U PLC programu, kterým je celá platforma ovládána bylo nutno si diagnostiku vyrobit. U diagnostiky je výstupem chybová hláška Error a kód chyby. Zde je využito jednoduchých kódů pro rozpoznání druhu chyby, kterou vyhodnotila diagnostika.

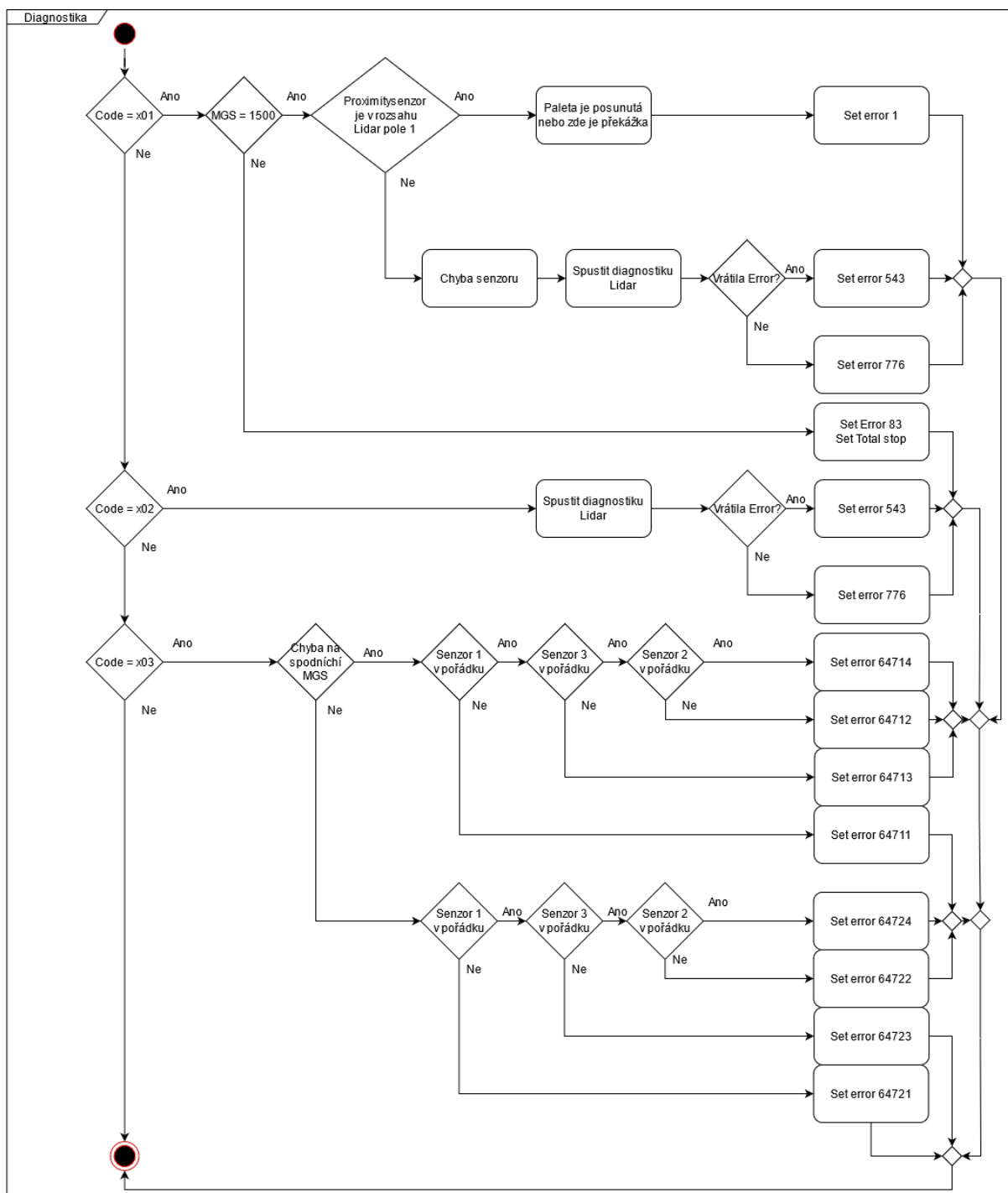
Error 1 – V cestě platformy je překážka. Nachází se zde neznámá překážka nebo je paleta posunutá mimo své místo.

Error 83 - Selhání více senzorů! (Reakcí je dále Total stop. Aby se předešlo poničení okolních věcí.)

Error 543 - Selhání lidar.

Error 776 - Selhání senzoru vzdálenosti.

Error 647XX – Selhání senzoru magnetické pásky (MGS) prvním X se označuje, zda se jedná o spodní nebo horní senzory. Druhým X se označuje daný senzor.



Obrázek 6.2: UML diagram diagnostiky platformy

6.5 Vzorová situace funkce diagnostiky

Pro vzorovou situaci je vybrán Error 1. Ten bude modifikovat funkci srovnání na paletu. Tato funkce je určena pro srovnání parametrů z jednotlivých MGS. Ve vzorové situaci by byl postup takový, že platforma opustí mřížku čar a pomalu najede pod danou paletu. Podmínkou je, že v tuto chvíli budou fungovat všechny senzory. Dalším krokem je vycentrování platformy pod paletou a její následné zvednutí. Tímto lze platformu spolu s paletou srovnat do správné polohy. A to tak, že se platforma se zvednutou paletou pomalu otočí zpátky na mřížku čar na podlaze. Takto je popsána jedna z možných reakcí na chybu, kterou vyhodnotí diagnostika. Dále samozřejmě záleží také na vnitřní diagnostice lidarů. Ta předává několik možných kódů. Tyto kódy se předají diagnostice, která následně může upozornit na daný problém nadřazený systém. V takovémto případě by záleželo na závažnosti chyby lidarů. V určitých případech by bylo nutno platformu zaparkovat na nabíječku a v méně závažných případech by mohla platforma v omezeném režimu pokračovat v práci. Pokud by došlo ke kritickému selhání více senzorů je možnost se řídit pouze pomocí MGS. V tom případě platforma zaparkuje na nejbližší volné místo, zde se vypne a vyčká do příjezdu technika. V tomto případě ihned informuje nadřazený systém řízení. V tu chvíli se dané místo bude brát jako obsazené.

Kapitola 7

Komunikace a komunikační protokoly

Tato kapitola se věnuje komunikaci a komunikačním protokolům. V této práci byly využity dva komunikační protokoly pro dvě rozhraní. Senzory magnetické pásky a měniče k motorům jsou propojeny pomocí sběrnice CAN s využitím komunikačního protokolu CANopen. Dále v rámci komunikace s nadřazeným řídicím systémem bylo využito Zigbee v módu API.

7.1 CANopen

CANopen je komunikační protokol založený na CAN. Standard CANopen je užitečný, protože umožňuje běžnou spolupráci mezi zařízeními (nody). Dále poskytuje standardní metody konfigurace zařízení - také po instalaci.

CANopen byl původně navržen pro pohybově orientované řídicí systémy strojů. Dnes je CANopen široce používán v řízení motorů (krokové / servomotory) - ale také v dalších aplikacích jako je robotika, medicína nebo automotive.

CAN open je komunikační protokol vyšší vrstvy založený na sběrnici CAN. To znamená, že sběrnice (dle normy ISO 11898) slouží jako transportní vozidlo pro zprávy CANopen. CANopen jako takový si můžeme představit jako 7 vrstvý ISO/OSI model.

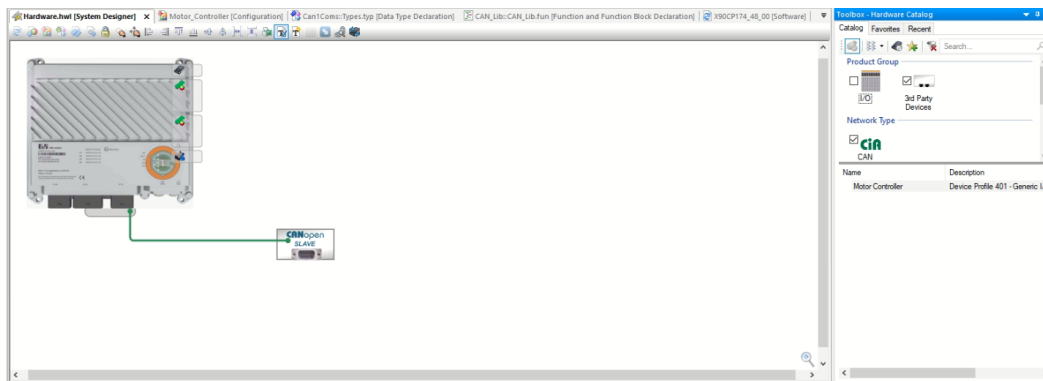
Sběrnice CAN představuje dvě nejnižší vrstvy (1: fyzická, 2: datová linka). Sběrnice CAN jednoduše umožňuje přenos rámců s 11bitovým CAN ID, bitem pro vzdálený přenos (RTR) a 64 datovými bity.

Aplikační vrstva CANopen a komunikační profil (dle CiA DS 301) podporuje přímý přístup k parametrům zařízení a přenos jeho časově kritických procesních dat. Síťový management CANopen výrazně zjednodušuje návrh řídicích systému, poskytuje síťové služby NMT, časovou synchronizaci procesů SYNC a TIME STAMP, zabezpečení provozu NODE GUARDING, chybová hlášení EMERGENCY, přenos řídicích dat PDO (Proces Data Objects) a především poskytuje možnost rozsáhlých servisních nastavení prostřednictvím SDO (Service Data Objects).

7.2 Základní komunikace s CANopen

V komunikaci pomocí CANopen je důležité správně nainportovat a nakonfigurovat EDS soubory. Zde je nutno dodat, že je obtížné něco hledat pokud předem nevíte co potřebujete. První věci co je nutno stáhnout jsou EDS soubory. Tyto soubory v sobě mají obecnou konfiguraci zařízení v případě této práce jsou to měniče SBL2306 a GBL2660. Obě tyto zařízení jsou konfigurovány v jednom EDS souboru, který lze stáhnout na stránkách výrobce.

K samotnému importu EDS souborů - v Automation studio přes položku Tools vybereme podpoložku Manage 3rd-Party Devices. Lze zde nainportovat tyto zařízení pomocí Import Fieldbus Device(s). Soubor, který byl dříve stažen je vybrán a následně potvrzen. Tím se začne nabízet v HW konfiguraci možnost, vkládat zařízení třetích stran. Viz obrázek 7.1. Hlavní výhodou CANopen je jednoduchost. Kdy pomocí daného protokolu přestává být důležitý tvar zprávy, která se posílá přes sběrnici CAN. Ale jednotlivé zprávy jsou nahrazeny proměnnými, které dále využívá například PLC.



Obrázek 7.1: Ukázka zapojení HW konfigurace

7.3 Důležitá nastavení

Protokol CANopen není složitý na nastavení v rámci daných zařízení. Na jedné větvi je pouze nutné nastavit správně Heartbeat a jednotlivé proměnné, které se budou z daného zařízení posílat nebo přijímat. Dále je nutné správné nastavení CAN sběrnice na samotném PLC a to včetně určení čísla node(zařízení), které je kritické pro komunikaci přes sběrnici CAN.

7.4 Zigbee

ZigBee je bezdrátová komunikační technologie vystavěná na standardu IEEE 802.15.4. Podobně jako Bluetooth je určena pro spojení nízkovýkonových zařízení v sítích PAN na malé vzdálenosti do 75 metrů. Díky použití multiskokového ad-hoc směrování umožňuje komunikaci i na větší vzdálenosti

bez přímé radiové viditelnosti jednotlivých zařízení. Primární určení směřuje do aplikací v průmyslu a senzorových sítích.

Technologie ZigBee představuje doplnění známějšího Bluetooth a Wi-Fi připojení. Na rozdíl od nich však ke komunikaci nepotřebuje energeticky náročné zařízení, které posílá signál do jiného. Jednotlivé přístroje jsou decentralizované a fungují nezávisle na sobě. A právě tady přichází stěžejní část přenosu dat. Zařízení jsou díky jednotnému jazyku schopné vzájemně spolupracovat v jedné síti a signál si předávat mezi sebou, a to nezávisle na řídicí jednotce.

Z tohoto procesu pramení základní výhody systému ZigBee. Jedná se především o nízkou energetickou náročnost a úspornost. Zároveň takto poskytuje daleko větší pokrytí než známější Bluetooth nebo Wi-Fi. V praxi se řádově jedná o desítky až stovky metrů.

ZigBee bylo navrženo a vzniklo z toho důvodu, že bylo potřeba vytvořit zařízení, které by vyplnilo mezeru v dosavadní oblasti nasazení bezdrátových sítí. V Evropě funguje na frekvencích 2,4GHz nebo 868MHz.

ZigBee má tyto výhody:

1. nízká pořizovací cena
2. vysoká spolehlivost
3. jednoduchá implementace
4. nízký příkon při obousměrné komunikaci
5. vysoké zabezpečení
6. otevřený celosvětový standard

7.4.1 API mód

Tato část poskytuje další podrobnosti o režimu API. Režim API poskytuje strukturované rozhraní, ve kterém jsou data komunikována prostřednictvím sériového rozhraní v organizovaných paketech a v určeném pořadí. To umožní navázat složitou komunikaci mezi zařízeními, aniž by bylo nutno definovat svůj vlastní protokol.

Ve výchozím nastavení jsou zařízení XBee nakonfigurována tak, aby fungovala v transparentním režimu: všechna data přijatá prostřednictvím sériového vstupu jsou zařazena do fronty pro rádiový přenos a data přijatá bezdrátově jsou odeslána na sériový výstup přesně tak, jak jsou přijata, bez dalších informací.

Z tohoto důvodu mají zařízení pracující v transparentním režimu některá omezení:

- Chcete-li číst nebo zapisovat konfiguraci zařízení v transparentním režimu, musíte nejdříve zařízení přepnout do příkazového režimu.

- Pokud zařízení potřebuje přenášet zprávy na různá zařízení, musíte aktualizovat jeho konfiguraci a vytvořit nový cíl. K nastavení cíle musí zařízení přejít do příkazového režimu.
- Zařízení pracující v transparentním režimu nemůže identifikovat zdroj bezdrátové zprávy, kterou přijímá. Pokud potřebuje rozlišovat mezi daty přicházejícími z různých zařízení, musí odesílající zařízení obsahovat další informace známé všem zařízením, aby je později bylo možné extrahovat.
- Chcete-li to provést, musíte definovat robustní protokol, který obsahuje všechny informace, které si myslíte, že potřebujete ve svých přenosech.

Pro minimalizaci omezení transparentního režimu, zařízení poskytují alternativní režim s názvem Application Programming Interface (API). Režim API poskytuje strukturované rozhraní, kde jsou data komunikována prostřednictvím sériového rozhraní v organizovaných paketech a v určeném pořadí. To umožní navázat komplexní komunikaci mezi moduly, aniž byste museli definovat svůj vlastní protokol.

Režim API poskytuje mnohem jednodušší způsob provedení výše uvedených akcí:

- Protože existují různé rámce pro různé účely (například pro konfiguraci a komunikaci), zařízení může být nakonfigurováno bez vstupu do příkazového režimu.
- Vzhledem k tomu, že cíl dat je zahrnut jako součást struktury rámce API, může k přenosu zpráv na více zařízení být použit režim API.
- Rámec API zahrnuje zdroj zprávy, takže je snadné určit, odkud data pocházejí.

7.4.1.1 Výhody režimu API

- Nakonfigurování místních a vzdálených zařízení XBee v síti.
- Správa bezdrátových přenosů dat do jednoho nebo více cílů.
- Identifikace zdrojové adresy každého přijatého paketu.
- Přijímat stav úspěchu / selhání každého přenášeného paketu.
- Získávat sílu signálu jakéhokoli přijatého paketu.
- Provést pokročilou správu a diagnostiku sítě.
- Provádět pokročilé funkce, jako je vzdálená aktualizace firmwaru, ZDO, ZCL atd.

7.4.2 Komunikační protokol v API režimu

Režim API nám dovoluje využívat standardu a nevyvíjet vlastní komunikační protokol. Tedy stačí vytvořit tvar zpráv, které systémy rozpoznají. Jednotlivé zprávy lze rozdělit podle určení pro který systém jsou.

1. zprávy z řídicího systému pro platformu
2. zprávy z platformy pro řídicí systém
3. zprávy z ovladače pro platformu
4. zprávy od platformy pro ovladač

7.5 Princip komunikace s nadřazeným řídicím systémem

U komunikace mezi platformou a nadřazeným systémem řízení probíhá výměna informací pomocí Zigbee a modu API. Systémy si navzájem vyměňují informace typu - Heartbeat, potvrzení přijetí povelu (command), potvrzení přesunu na pozici (move), potvrzení zvedacího mechanismu (lift), potvrzení otočení (rotate), potvrzení servisního zadání pozice, patra a orientace (position), info o aktuální pozici v rámci mřížové struktury vodících čar (info position), info o indukčních snímačích pro zvedací mechanismus (info lift), info z lidarů o blízkosti překážek (info obstacles), info o paletě (info cargo), info ze snímačů magnetické pásky dole i nahoře (info magnetic), info o rychlosti motorů (info drives), info z dalších senzorů (info sensors) a info o baterii (info battery).

Toto je využíváno pro optimalizaci vypakování a zaparkování auta nebo pro směřování platformy optimální cestou cestou. Ve své podstatě platforma nedělá nic samostatně. Vždy je instruována nadřazeným řídicím systémem. Nadřazený řídicí systém pošle platformě zprávu přesun na pozici $\langle X;Y \rangle$. Platforma se začne přesunovat a jediné o co se stará je aby nevyjela s čáry a nebo nenarazila do nepředpokládané překážky.

7.6 Seznam zpráv pro komunikaci přes zigbee

- Zprávy pro platformu od řídicího systému
 - Přesun na pozici (Move)
 - Zvedací mechanismus (Lift)
 - Servisní zadání pozice, patra a orientace (Position)
- Zprávy pro řídicího systému od platformy
 - Heartbeat
 - Potvrzení přijetí povelu (command)
 - Potvrzení přesunu na pozici (move)
 - Potvrzení zvedacího mechanismu (lift)
 - Info o aktuální pozici v rámci mřížové struktury vodících čar (info position)
 - Info o indukčních snímačích pro zvedací mechanismus (info lift)
 - Info z lidarů o blízkosti překážek (info obstacles)
 - Info o paletě (info cargo)
 - Info ze snímačů magnetické pásky dole i nahoře (info magnetic)
 - Info o rychlosti motorů (info drives)
 - Info o baterii (info battery)

7.6.1 Přesun na pozici (Move) - zpráva pro platformu

<Typ = 'M' = 0x4D> <Souřadnice X_0> .. <Souřadnice X_N> <Oddělovač = ';' = 0x3B>
<Souřadnice Y_0> .. <Souřadnice Y_N>

Část zprávy	Typ	Souřadnice X	Oddělovač	Souřadnice Y
Počet bajtů	1	1-3	1	1-3
Ukázka (ASCII)	'M'	"12"	','	'3'
Ukázka (hexa)	0x4D	0x31 0x32	0x3B	0x33

Souřadnice X i Y začínají od 0, dvojice [X;Y] označuje pozici v mřížkové struktuře na patře.

7.6.2 Zvedací mechanismus (Lift) - zpráva pro platformu

<Typ = 'L' = 0x4C> <Požadovaný stav> Požadovaný stav - hodnota '1' = zvednuto, '0' = položeno

Část zprávy	Typ	Požadovaný stav
Počet bajtů	1	1
Ukázka (ASCII)	'L'	'1'
Ukázka (hexa)	0x4C	0x31

7.6.3 Servisní zadání pozice, patra a orientace (Position) - zpráva pro platformu

<Typ = 'P' = 0x50> <Souřadnice X_0> .. <Souřadnice X_N> <Oddělovač = ';' = 0x3B>
<Souřadnice Y_0> .. <Souřadnice Y_N> <Oddělovač = ';' = 0x3B> <Patro F_0> .. <Patro F_N> <Oddělovač = ';' = 0x3B> <Orientace O>

Část zprávy	Typ	Souřadnice X	Souřadnice Y	Patro F	Orientace O
Počet bajtů	1	1-3	1-3	1-2	1
Ukázka (ASCII)	'P'	"12"	'3'	'4'	'0'
Ukázka (hexa)	0x50	0x31 0x32	0x33	0x34	0x30

V tabulce byly vynechány oddělovače. Ty jsou umístěny ve zprávě dle předpisu výše. Zadání souřadnice na patře a patra, kde se robot nachází. Souřadnice X je vodorovně, roste doprava, Y je svisle, roste dolů.

7.6.4 Heartbeat - zpráva pro řídicí systém

<Typ = 'h' = 0x68> <Stav pohybu>

Část zprávy	Typ	Stav pohybu
Počet bajtů	1	1
Ukázka (ASCII)	'h'	'1'
Ukázka (hexa)	0x68	0x31

Stav pohybu - hodnota '1' = robot se pohybuje, '0' = robot stojí

7.6.5 Potvrzení přijetí povelu (command) - zpráva pro řídicí systém

<Typ = 'c' = 0x63> <Stav>

Část zprávy	Typ	Stav
Počet bajtů	1	1
Ukázka (ASCII)	'c'	'1'
Ukázka (hexa)	0x63	0x31

Stav - hodnota '1' = robot přijal příkaz a bude jej vykonávat, '0' = robot přijal příkaz, ale nemůže jej splnit Zpráva se odesílá po přijetí příkazů k vykonání činnosti (Move, Lift, Rotate).

7.6.6 Potvrzení přesunu na pozici (move) - zpráva pro řídicí systém

<Typ = 'm' = 0x6D> <Souřadnice X_0> .. <Souřadnice X_N> <Oddělovač = ';' = 0x3B>
<Souřadnice Y_0> .. <Souřadnice Y_N>

Část zprávy	Typ	Souřadnice X	Oddělovač	Souřadnice Y
Počet bajtů	1	1-3	1	1-3
Ukázka (ASCII)	'm'	"12"	';	'3'
Ukázka (hexa)	0x6D	0x31 0x32	0x3B	0x33

Zpráva se odesílá po splnění požadavku na přesun, v souřadnicích se zasílají aktuální hodnoty (které mají odpovídat požadovaným hodnotám).

7.6.7 Potvrzení zvedacího mechanismu (lift) - zpráva pro řídicí systém

<Typ = 'l' = 0x6C> <Aktuální stav>

Část zprávy	Typ	Aktuální stav
Počet bajtů	1	1
Ukázka (ASCII)	'l'	'1'
Ukázka (hexa)	0x6C	0x31

Zpráva se odesílá po splnění požadavku na zvednutí/položení. Aktuální stav 1 = zvednuto, 0 = položeno

Poznámka - jedná se o malé "L", nikoli o velké "i".

7.6.8 Info o aktuální pozici v rámci mřížové struktury vodících čar (info position) - zpráva pro řídicí systém

<Typ = 'i' = 0x69> <Podtyp = 'p' = 0x70> <Souřadnice X_0> .. <Souřadnice X_N> <Oddělovač = ';' = 0x3B> <Souřadnice Y_0> .. <Souřadnice Y_N>

Část zprávy	Typ	Podtyp	Souřadnice X	Oddělovač	Souřadnice Y
Počet bajtů	1	1	1-3	1	1-3
Ukázka (ASCII)	'i'	'p'	"12"	','	'3'
Ukázka (hexa)	0x69	0x70	0x31 0x32	0x3B	0x33

Zpráva se odesílá periodicky, obsahuje aktuální souřadnice robotu.

7.6.9 Info o indukčních snímačích pro zvedací mechanismus (info lift) - zpráva pro řídicí systém

<Typ = 'i' = 0x69> <Podtyp = 'l' = 0x6C> <Stav S> <Oddělovač = ';' = 0x3B> <Stav hydr. Pístu S_0> <Stav zvedáku 1 S_1> .. <Stav zvedáku 4 S_4>

Část zprávy	Typ	Podtyp	Stav S	Oddělovač	Stav pístu a zvedáků S_N
Počet bajtů	1	1	1	1	5
Ukázka (ASCII)	'i'	'l'	'1'	','	"10123"
Ukázka (hexa)	0x69	0x6C	0x31	0x3B	0x31 0x30 0x31 0x32 0x33

Zpráva se odesílá periodicky, obsahuje aktuální stav zvedacího mechanismu. Stav S - 0 = zvedák dole, 1 = zvedák nahore

Stav zvedáků S_N - informace o indukčních senzorech hydraulického pístu a každého zvedacího válce

- 0 - žádný není aktivní (probíhá zvedání / u hydr. pístu může být i pro zvednuto)
- 1 - spodní indukční snímač aktivní (válec je dole / 1. koncová poloha hydr. pístu)
- 2 - horní indukční snímač aktivní (válec nahoře / 2. koncová poloha hydr. pístu)
- 3 - oba snímače aktivní (teoreticky zakázaný stav, nemá nastat)

7.6.10 Info z lidarů o blízkosti překážek (info obstacles) - zpráva pro řídicí systém

<Typ = 'i' = 0x69> <Podtyp = 'o' = 0x6F> <Narušení oblasti 0 lidar 0 L0_0> .. <Narušení oblasti 2 lidar 0 L0_2> <Oddělovač = ';' = 0x3B> <Narušení oblasti 0 lidar 1 L1_0> .. <Narušení oblasti 2 lidar 1 L1_2>

Část zprávy	Typ	Podtyp	Narušení oblastí lidar 0	Oddělovač	Narušení oblastí lidar 1
Počet bajtů	1	1	3	1	3
Ukázka (ASCII)	'i'	'o'	"001"	','	"001"
Ukázka (hexa)	0x69	0x6F	0x30 0x30 0x31	0x3B	0x30 0x30 0x31

Zpráva se odesílá periodicky, lidar 0 je na straně s nápisem "NOUZE", lidar 1 na opačné. Hodnota 1 odpovídá narušení definované oblasti lidar, hodnota 0 opaku.

7.6.11 Info o paletě (info cargo) - zpráva pro řídicí systém

<Typ = 'i' = 0x69> <Podtyp = 'c' = 0x63> <Přítomnost palety> <Oddělovač = ';' = 0x3B> <Tenzometr 0 T0_0> .. <Tenzometr 0 T0_N> <Oddělovač = ';' = 0x3B> <Tenzometr 1 T1_0> .. <Tenzometr 1 T1_N> <Oddělovač = ';' = 0x3B> <Tenzometr 2 T2_0> .. <Tenzometr 2 T2_N> <Oddělovač = ';' = 0x3B> <Tenzometr 3 T3_0> .. <Tenzometr 3 T3_N>

Část zprávy	Typ	Podtyp	Přítomnost palety	Oddělovač	Tenzometr T0
Počet bajtů	1	1	1	1	1-4
Ukázka (ASCII)	'i'	'c'	'0'	','	"28"
Ukázka (hexa)	0x69	0x63	0x30	0x3B	0x32 0x38

Zpráva se odesílá periodicky, obsahuje informaci o přítomnosti palety (ultrazvuk/laserový dálkoměr),

0 = nic nedetekováno, 1 = paleta detekována.

Dále data ze čtyř tenzometrů z každého válce, zasílá se naměřené zatížení v [kg], jednotlivé hodnoty odděleny středníkem.

7.6.12 Info ze snímačů magnetické pásky dole i nahoře (info magnetic) - zpráva pro řídicí systém

<Typ = 'i' = 0x69> <Podtyp = 'm' = 0x6D> <Stav senzoru 0> .. <Stav senzoru 7> <Oddělovač = ';' = 0x3B> <Senzor 0 hodnota S0_0> .. <Senzor 0 hodnota S0_0> <Oddělovač = ';' = 0x3B> .. <Senzor 7 hodnota S7_0> .. <Senzor 7 hodnota S7_0>

Část zprávy	Typ	Podtyp	Stav senzoru 0	...	Oddělovač	Senzor 0 hodnota S0
Počet bajtů	1	1	1	7	1	1-3
Ukázka (ASCII)	'i'	'm'	'0'		','	"-28"
Ukázka (hexa)	0x69	0x6D	0x30		0x3B	0x2D 0x32 0x38

Zpráva se odesílá periodicky, obsahuje informaci o stavu senzorů magnetické pásky

- 0 - páska nedetekována
- 1 - páska detekována
- 2 - detekováno křížení
- 3 - detekována odbočka vlevo
- 4 - detekována odbočka vpravo
- 5 - detekována značka

Dále data z osmi senzorů, nejprve spodní, poté horní, zasílá se znaménkový údaj o poloze pásky v [mm], 0 odpovídá středu, jednotlivé hodnoty odděleny středníkem.

7.6.13 Info o rychlosti motorů (info drives) - zpráva pro řídicí systém

<Typ = 'i' = 0x69> <Podtyp = 'd' = 0x64> <Rychlost motor 0 M0_0> .. <Rychlost motor 0 M0_N> <Oddělovač = ';' = 0x3B> .. <Rychlost motor 7 M7_0> .. <Rychlost motor 7 M7_N> <Oddělovač = ';' = 0x3B> <Natočení motor 4 M4_0> .. <Natočení motor 4 M4_N> <Oddělovač = ';' = 0x3B> .. <Natočení motor 7 M7_0> .. <Natočení motor 7 M7_N>

Část zprávy	Typ	Podtyp	Rychlost motor 0	Oddělovač	Natočení motor 4	Oddělovač
Počet bajtů	1	1	1-4	1	1-3	1
Ukázka (ASCII)	'i'	'd'	"25"	','	"-52"	','
Ukázka (hexa)	0x69	0x64	0x32 0x35	0x3B	0x2D 0x35 0x32	0x3B

Zpráva se odesílá periodicky, informace o rychlosti všech osmi motorů, dále u motorů pro natáčení pohonů informace o aktuálním natočení (takže pouze pro motory 4-7), údaj ve stupních [°], 0 odpovídá natočení pro pohyb ve směru délky robotu (ve směru osy x na patře).

7.6.14 Info o baterii (info battery) - zpráva pro řídicí systém

<Typ = 'i' = 0x69> <Podtyp = 'b' = 0x62> <Stav> <Oddělovač = ';' = 0x3B> <Napětí U0>
.. <Napětí UN> <Oddělovač = ';' = 0x3B> <Proud I0> .. <Proud IN>

Část zprávy	Typ	Podtyp	Stav	Oddělovač	Napětí U	Oddělovač	Proud I
Počet bajtů	1	1	1	1	1-3	1	1-4
Ukázka (ASCII)	'i'	'b'	'0'	','	"503"	','	"-10"
Ukázka (hexa)	0x69	0x62	0x30	0x3B	0x35 0x30 0x33	0x3B	0x2D 0x31 0x30

Zpráva se odesílá periodicky,

hodnota Stavů 1 = baterie se nabíjí, 0 = vybíjí Napětí je ve $[V \times 10]$, tedy desetiny voltů přenášené jako celé číslo (50,3 V se přenáší jako 503) Proud je v [A], se znaménkem.

Kapitola 8

Závěr

Cílem této diplomové práce bylo zprovoznit platformu pro manipulaci s paletami na automobily do 3t. Úkol byl nejprve zprovoznit jednotlivé části platformy, dále navrhnout základní řídicí a navigační program, který bude korespondovat s návrhem v projektu. V poslední části navrhnout nebo využít komunikační protokol, který slouží ke komunikaci mezi platformou a nadřazeným řídicím systémem. A všechny tyto body postupně a následně jako celek otestovat.

Při prvním testování jsem zjistil, že je nadimenzování měničů motorů nedostatečné. Následně díky chybějící informaci v dokumentaci jsem měnič poškodil a tak musel být vyměněn za silnější. Při testování napájení jsem zjistil, že při napojení baterie se z měničů vrací chvilkový nadlimitní proudový ráz, který je způsoben nenabitými kondenzátory v měničích. Tento proudový ráz má však fatální dopad na baterii. Baterie tak byla při testování poškozena. Na základě zjištěných dat byl navrhnout soft-startér, který počáteční proudový ráz omezí pomocí odporu. U platformy jsem řešil i výkonovou část, která nebyla v původním návrhu projektu dořešena. Některé komponenty jako například kola jsem musel přizpůsobit projektu. V případě kol to znamenalo změnit vedení kabelů. Díky těmto nedostatkům se časový rámec projektu prodloužil. Nejvíce ztraceného času zapříčinila pandemická situace ve světě. Z toho důvodu se dodávky potřebných komponentů značně protáhly.

V rámci diplomové práce se podařilo zprovoznění jednotlivých částí platformy jako jsou kola, hydraulika, měniče, lidary a další. Veškeré části byly za mé účasti následně namontovány do konstrukce. Dále jsem otestoval komunikaci, pomocí CANopen mezi měniči, senzory magnetické pásky a PLC. I přestože platforma není plně funkční podle původních představ, v brzké době bude dokončena a plně provozuschopná dle možností prototypu. V průběhu práce se ukázalo, že problémy nastávají v momentech, kdy se musí jít o krok zpět. Tyto problémy by se měly předvídat již v rámci projektu. Z mého pohledu jsem mohl určité kroky předvídat. A předejít tak některým chybám. Plánování kroků bych označil za slabinu, která práci trochu zpomalila. Naopak kreativita a vynalézavost pomohla některé kroky vyřešit jiným mnohdy i optimálnějším řešením.

Závěrem můžu konstatovat, že jednotlivé body práce jsou splněny a platforma je připravena postoupit do další části vývoje. Zde bych poznamenal, že každý vývoj sebou nese určité problémy, ale to je při vymýšlení něčeho nového snad samozřejmostí. Zpětně můžu zhodnotit, že se původní záměr práce musel postupně upravit dle nově zjištěných informací. Problémy, které se v průběhu objevily se většinou podařilo vyřešit. Jako největší přínos této práce je pro mě zkušenost se spoluprací na takto velkém projektu.

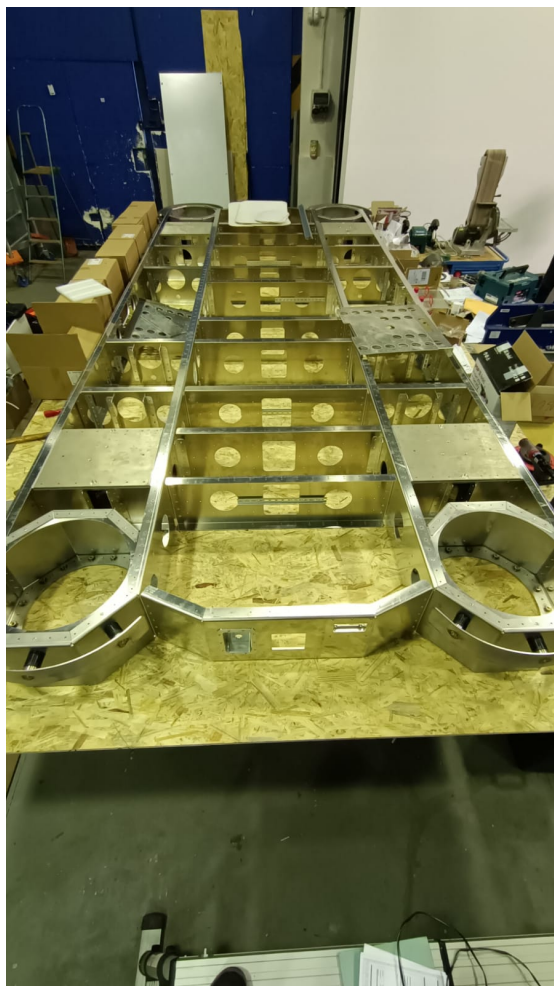
Literatura

1. PERGL, Ivo. *Model robotické palety pro automatizovaná parkoviště*. 2019. Bachelor thesis. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
2. *Garáž páternoster systém*. 2020. Dostupné také z: www.parkquickllc.com/products.
3. *Garáž se systémem zakladačem*. 2020. Dostupné také z: www.quora.com/What-is-stack-car-parking.
4. MCGRATH, Michael E. *Autonomous vehicles: opportunities, strategies, and disruptions*. Michael E. McGrath, [n.d.]. ISBN 978-1980313854.
5. RANDAL, B. *Distributed Consensus in Multi-vehicle Cooperative Control: Theory and Applications: Communications and Control Engineering*. Springer, 2008. ISBN 978-1848000148.
6. *Dokumentace k PLT-250P2500SM-48HS*. China: Plutools, 2021.
7. *Horizontál motor in wheel*. Plutools, 2020. Dostupné také z: www.technologyandsolution.com/uploads/horizontal-drive-motor-300x300.png.
8. *Dokumentace k měniči SBL2360*. 2020. Dostupné také z: www.roboteq.com.
9. *Dokumentace k měniči GBL2660*. 2020. Dostupné také z: www.roboteq.com.
10. *Dokumentace pro Lidar TIM781*. 2019. Dostupné také z: www.cdn.sick.com/media/docs/5/05/905/operating%5C_instructions%5C_tim781%5C_en%5C_im0082905.pdf.
11. *Dokumentace pro MGS1600GY*. 2018. Dostupné také z: www.roboteq.com/docman-list/sensor-documents-and-files/mgs-documents-1/mgs-datasheets-1/mgs1600-datasheet/37-mgs1600-datasheet/file.
12. *Dokumentace pro distanční senzor OMT600-R200*. 2021. Dostupné také z: www.files.pepperl-fuchs.com.
13. *Dokumentace pro Indukční snímač NXN3-8GM30*. 2021. Dostupné také z: www.files.pepperl-fuchs.com.
14. *Dokumentace pro Indukční snímač NCN8-12GM35-Z*. 2019. Dostupné také z: www.files.pepperl-fuchs.com/webcat/navi/productInfo/pds/121013%5C_eng.pdf?v=20210429005326.

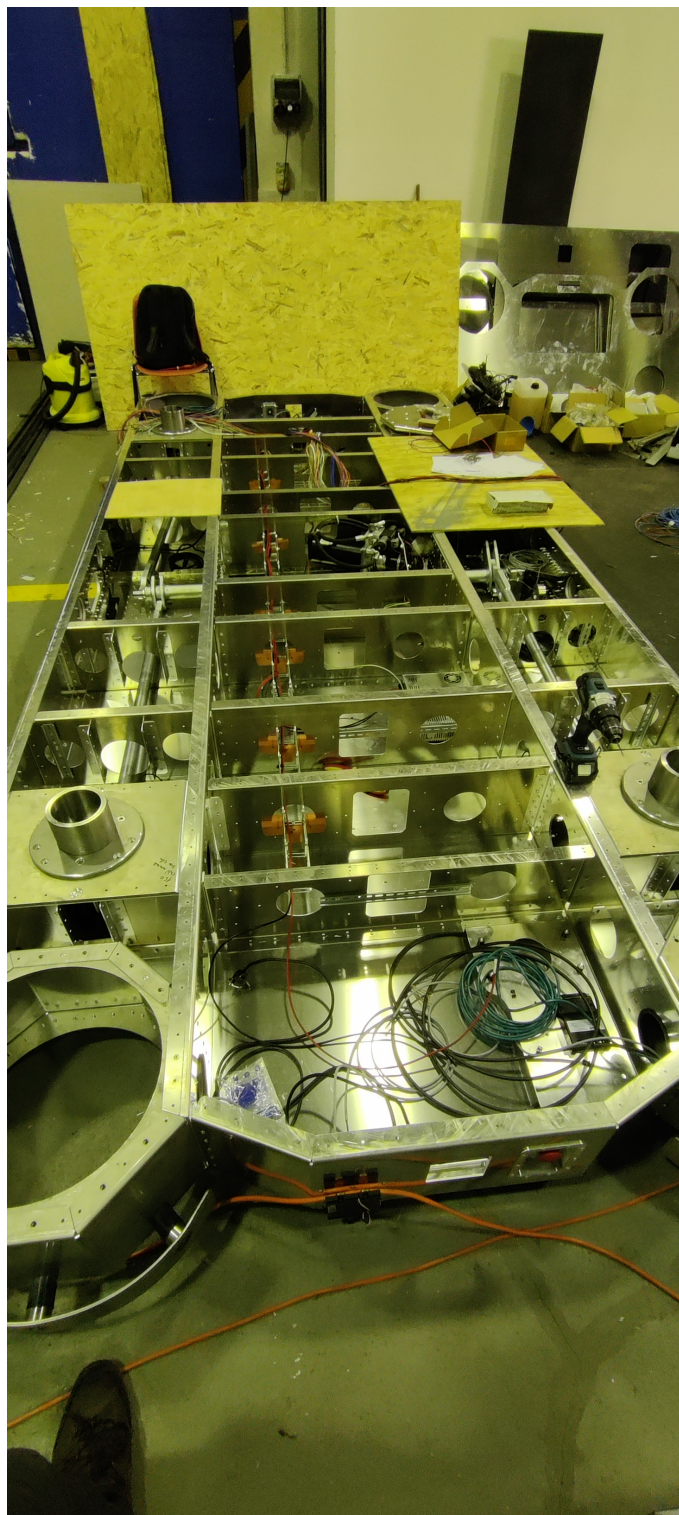
15. *Dokumentace pro Tenzometry 8526*. 2020. Dostupné také z: [www.burster.com/fileadmin/user%5C_upload/redaktion/Documents/Products/Data-Sheets/Section%5C_8/8526%5C_EN.pdf](http://www.burster.com/fileadmin/user_upload/redaktion/Documents/Products/Data-Sheets/Section%5C_8/8526%5C_EN.pdf).
16. *Dokumentace pro PLC BR X90*. 2021. Dostupné také z: www.download.br-automation.com/.
17. *Dokumentace pro X67DM1321*. 2021. Dostupné také z: www.download.br-automation.com/.
18. *Dokumentace pro X67AI1233*. 2021. Dostupné také z: www.download.br-automation.com/.
19. *Dokumentace pro X67IF1121*. 2021. Dostupné také z: www.download.br-automation.com/.
20. *Dokumentace pro X67DS438A*. 2021. Dostupné také z: www.download.br-automation.com/.
21. *Dokumentace pro X67BC8321*. 2021. Dostupné také z: www.download.br-automation.com/.
22. RABBIE, M. *Programmable Logic Controllers: Hardware and Programming*. 4th ed. Goodheart-Willcox, 2017. ISBN 978-1631269325.
23. SHERTUKDE, H. M. *Digital Control Applications : Illustrated With Matlab*. CRC Press, 2015. ISBN 9781482236699.
24. BALÁTĚ, Jaroslav. *Automatické řízení*. 2. přeprac. vyd. BEN - technická literatura, 2004. ISBN 978-80-7300-148-3.

Příloha A

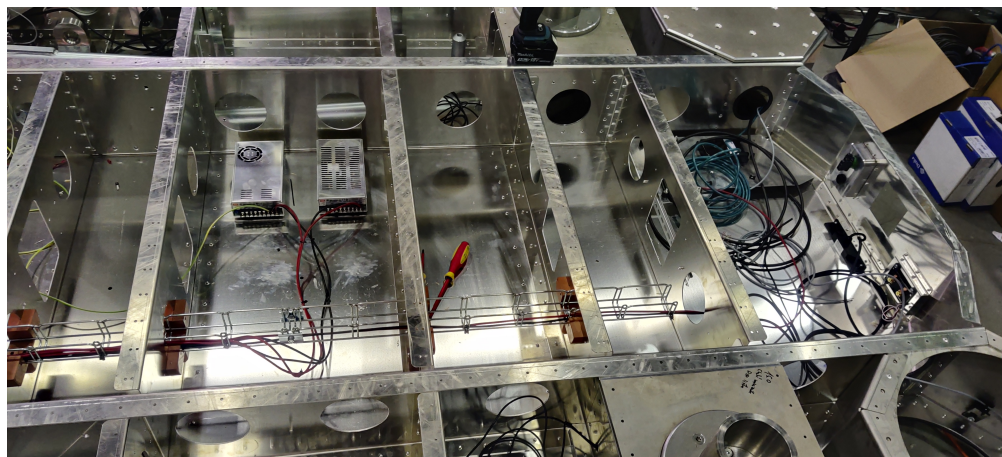
Fotodokumentace



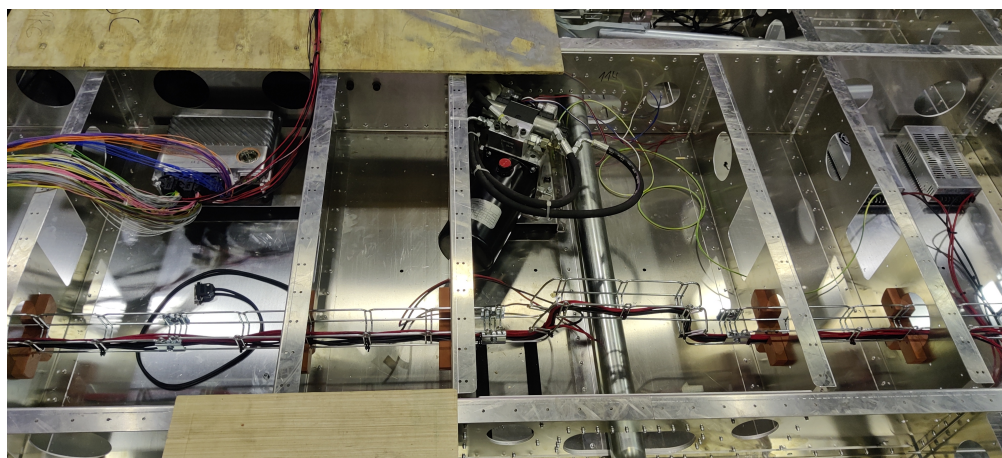
Obrázek A.1: Začátek kompletování konstrukce



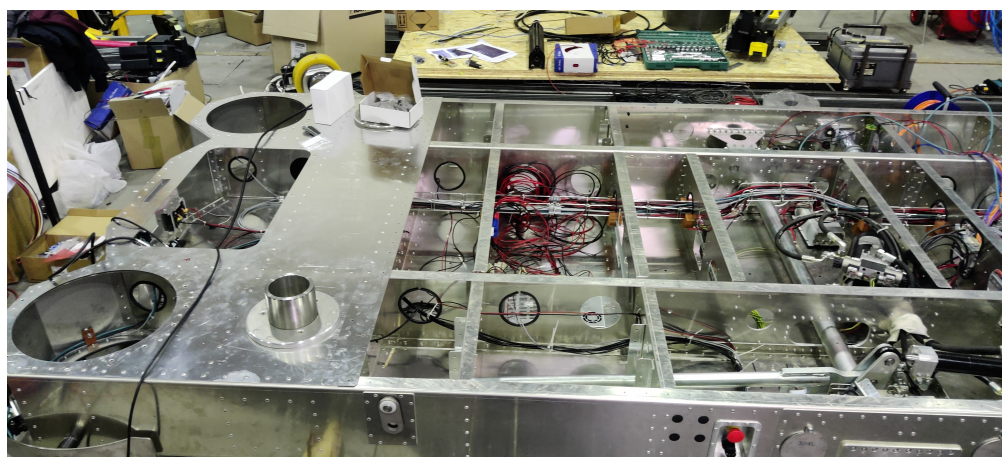
Obrázek A.2: Přidání žlabu pro vedení kabelů



Obrázek A.3: Pohled na vnitřní část sekce s měniči



Obrázek A.4: Pohled na vnitřní část sekce hydraulikou



Obrázek A.5: Pohled na kompletaci kabelového zapojení



Obrázek A.6: Pohled na finální podobu konstrukce bez odkrývatelných částí